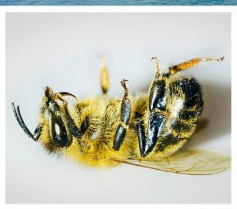
SCIENCE&VIE

SCIENCE&VIE

N° 1222
JUILLET 2019

Communication avec les extraterrestres

C'EST PARTI !



DÉCLIN DES INSECTES

Et alors ?

POLLUTION EN VILLE
Comment s'en protéger

TUMEURS
Elles ont en fait un cerveau

D: 6,90 € - BEL: 4,80 € - ESP: 4,90 € - GR: 4,90 € - DOM S: 4,90 € - DOM A: 6,90 € - ITA: 4,90 € - LUX: 4,80 € - PORT CONT: 4,90 €
CAN: 6,75 $ CAN - MAR: 50 DH - TOM S: 760 CFP - TOM A: 1400 CFP - CH: 8,50 FS - TUN: 9,50 DTU

M 02578 - 1222 - F: 4,50 € - RD

SCIENCE&VIE N° 1222 - Juillet 2019

Xénon Apollo 11 Cirque Cyberattaque Communication extraterrestre Tumeurs Minéraux Plantes cyborgs Insectes Vagues scélérates

CRÉDIT & ASSURANCE

VOUS CHERCHEZ LE MEILLEUR TAUX ?

300 agences pour vous accompagner

meilleurtaux.com

1 000 experts en agences à distance

Un crédit vous engage et doit être remboursé. Vérifiez vos capacités de remboursement avant de vous engager.

Aucun versement, de quelque nature que ce soit, ne peut être exigé d'un particulier avant l'obtention d'un ou plusieurs prêts d'argent. Pour tout prêt immobilier, l'emprunteur dispose d'un délai de réflexion de 10 jours ; l'achat est subordonné à l'obtention du prêt, s'il n'est pas obtenu, le vendeur doit lui rembourser les sommes versées. Meilleurtaux, 36 rue de Saint-Pétersbourg 75008 Paris, société par actions simplifiée au capital de 1 000 000 €, RCS Paris n°424 264 281. Courtier, Mandataire non-exclusif et Mandataire d'intermédiaire en Opérations de Banque et Services de Paiement - Intermédiaire en assurance - ORIAS n° 07 022 955 (www.orias.fr). Sous le contrôle de l'ACPR, 4 place de Budapest 75436 Paris Cedex 09 (www.acpr.banque-france.fr).
Listes des agences franchisées – commerçants indépendants – et des partenaires consultables sur meilleurtaux.com.

Coralie Hancok
c.hancok@mondadori.fr

L'effet papillon

Fini les mites dans mes placards et les moustiques qui empoisonnent mes soirées d'été. Exit les bestioles qui tuent des milliers de personnes en transmettant les pires maladies. Au premier abord, la disparition annoncée des insectes dans une centaine d'années paraît une bonne nouvelle. Sauf qu'elle ne sera pas sans conséquences sur l'ensemble des écosystèmes. Et quand bien même ils ne disparaîtraient pas tous, les bouleversements seront immenses… et imprévisibles.

Benoît Rey
b.rey@mondadori.fr

Est-ce bien sérieux ?

Au début, on est sceptique. Envoyer des signaux aux extraterrestres ? Comme s'ils avaient des télescopes pour les recevoir ! Comme si, même… ils existaient ! Mais on le sait maintenant : la Galaxie grouille de milliards d'exoplanètes et l'apparition de la vie sur une autre Terre est désormais considérée comme probable. Le scepticisme cède alors la place à la curiosité… et à la complexité : comment parler à quelqu'un dont on ne sait rien ? Comment trouver en nous quelque chose d'universel qui pourrait servir de base à une communication ? Passionnant ! Mais peut-être pas dénué de tout danger… En fait, la communication avec les extraterrestres, c'est une affaire sérieuse.

On vous donne rendez-vous avec la Lune

Il y a 50 ans, dans la nuit du 20 au 21 juillet 1969, Neil Armstrong et Buzz Aldrin marchaient sur la Lune. Pour célébrer cet exploit historique, *Science & Vie* vous projette dans le futur de l'exploration spatiale **(p. 32)** ; vous propose de réviser vos arguments face aux complotistes **(p. 49)** ; et a sélectionné pour vous les meilleurs livres et films sortis pour l'occasion **(p. 122)**. Replongez aussi dans l'ambiance de ces années-là avec une réédition augmentée de notre Hors-Série de l'époque, **en kiosques le 4 juillet**. Enfin, revivez sur **science-et-vie.com** cette épopée à travers 50 chroniques (une par jour) depuis le drame d'Apollo 1 jusqu'au *happy end* d'Apollo 13 (programme détaillé p. 55). Bon anniversaire, Apollo 11 !

DR

Sommaire

Juillet 2019 **n°1222**

06 **Forum**

L'actu des sciences

12 **En image**
Ils voient les abysses en couleurs ! Le premier hélicoptère martien réussit ses tests…

16 **Grand angle**
La première molécule de l'Univers a été détectée ; la lentille de contact augmentée devient autonome ; un petit ver dévoile un mode de reproduction totalement inconnu…

22 **Focus**
La désintégration la plus lente de l'Univers captée !

26 **3 découvertes sur...**
Ultima Thulé

28 **En chiffres**
Seulement un tiers des grands fleuves s'écoulent encore librement

Science & société

32 Enquête
50 ans après Apollo, l'humanité tient son nouveau programme spatial

40 Data
Face à l'épidémie de rougeole, la vaccination reste insuffisante

42 Retour sur image
Le jour où des hologrammes ont remplacé les animaux de cirque

44 Tendance
La police avide des ADN fichés pour... la recherche généalogique

48 En débat
Cyberguerre : la première riposte militaire ouvre une brèche

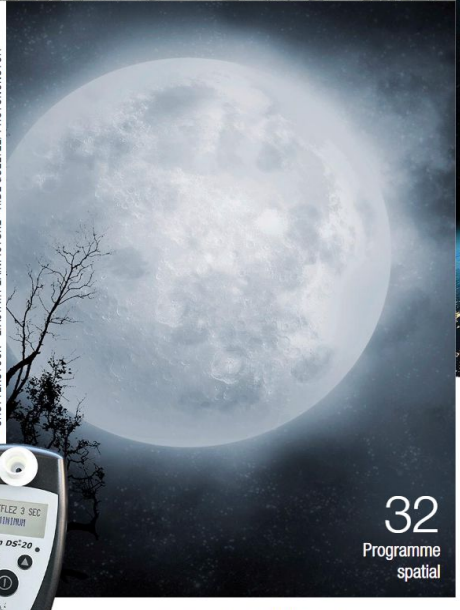
50 Les clés pour comprendre…
l'effet des LED sur la santé

52 L'étrange affaire…
des 14 fulgurés de Meurthe-et-Moselle

54 L'objet du mois
L'éthylotest antidémarrage se généralise en France

56 Futur
Le musée de la robotique sera construit... par des robots ; le toit de Parc Expo va accueillir une méga ferme urbaine...

22 Désintégration du xénon 124



32 Programme spatial

54 Éthylotest antidémarrage

COUVERTURE : SHUTTERSTOCK - GETTY IMAGES
XENON COLLABORATION - GETTY IMAGES - F.TANNEAU/AFP - SHUTTERSTOCK - L.AJTAY/PLAINPICTURE - H.DE GUELTZL/PHOTONONSTOP.

SCIENCE&VIE 8, rue François-Ory 92543 Montrouge Cedex
Tél. : 01 46 48 48 48 - Fax : 01 46 48 48 67 E-mail : svmens@mondadori.fr
Recevez *Science & Vie* chez vous. **Votre bulletin d'abonnement se trouve p. 129.**
Pour commander d'anciens numéros, rendez-vous sur www.kiosquemag.com. Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 48 96, ou par Internet sur www.kiosquemag.com.

Un encart Croisière Au fil du Mékong est jeté sur les exemplaires de toute la diffusion abonnés France Métropolitaine.
Un encart 50 ans sur la Lune est jeté sur les exemplaires d'une partie de la diffusion abonnés France Métropolitaine.
Ce numéro comporte un encart *S&V Hors-Série 287* de 160 pages, réédition du *Hors-série* (n°88) *La Lune* de 1969 ainsi qu'un courrier de la rédaction, diffusion : tous les abonnés au *Science & Vie Hors-Série*.

62

À la Une

62 **Communication avec les extraterrestres : c'est parti !**

Les messages sont envoyés là où ils ont le plus de chances d'être captés, vers certaines exoplanètes…

96 Déclin des insectes

Les dossiers

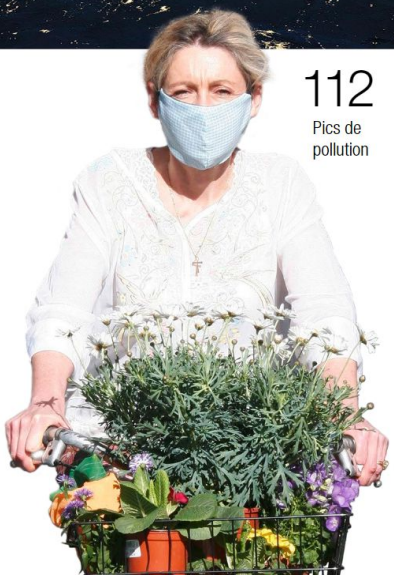
80 Neurobiologie
Les tumeurs ont des neurones !

84 Géologie
Minéraux : bienvenue dans la géodiversité

92 Biotechnologie
Et voici les plantes cyborgs

96 Écologie
Déclin des insectes : alerte aux réactions en chaîne

104 Océanographie
Vagues scélérates : enfin l'explication



112 Pics de pollution

Bon à savoir

112 **C'est maintenant**
Comment se protéger des pics de pollution en ville ?

114 **En pratique**
Jouer à Pokémon a modifié le cerveau des joueurs durablement ; les femmes brillent en maths s'il fait chaud…

118 **Technofolies**

122 **À voir/à lire/à faire**

124 **Questions/Réponses**
Comment les organes s'organisent-ils ? A-t-on déjà vu des planètes hors de la Voie lactée ? Combien d'espèces disparaissent par an ?…

130 **Bulle de science**

Nouvelle Classe V.
Donnez toute sa place à votre vie de famille.

Partir en famille, à 3, à 5 ou même à 8, avec peu ou beaucoup de bagages, c'est exactement ce que vous invite à faire la Nouvelle Classe V. Nouveau design, nouvelle motorisation, nouvelle transmission, à découvrir sur www.mercedes-benz.fr/classe-v ou au 01 55 94 20 76.

Mercedes-Benz
The best or nothing.

The best or nothing : Le meilleur sinon rien. **Consommations mixtes de la Nouvelle Classe V : de 5,9 à 7 l /100 km. Émissions de CO_2 : de 155 à 184 g/km.** ✇ Mercedes-Benz : marques déposées de Daimler AG, Stuttgart, Allemagne. Mercedes-Benz France, SAS au capital de 75 516 000 € - 7 avenue Niépce, 78180 Montigny-le-Bretonneux. RCS Versailles 622 044 287.

PETITS CALCULS ENTRE EXPERTS

À la question *"Le réchauffement climatique va-t-il élever la pression atmosphérique ?"*, Jean-Louis Dufresne répond *"Non"* (voir *S&V* n°1216, p. 127). Mais le climatologue oublie d'inclure dans sa réponse la vapeur d'eau. Certes, les émissions directes de vapeur d'eau par l'humanité sont négligeables. Cependant, on a désormais prouvé que la masse de vapeur d'eau dans l'atmosphère augmente d'environ 7 % à chaque fois qu'on gagne 1°C. On n'oubliera pas que la teneur volumique approximative de la vapeur d'eau est de l'ordre de 1 % dans l'atmosphère, que la masse molaire de la vapeur d'eau est de 18 g, tandis que celle de l'air est de 29 g. On pourra alors calculer que l'élévation relative de pression due à la vapeur d'eau est 0,01x0,07x18/29 = 0,00043, soit 0,043 %. Pour une pression atmosphérique de référence de 1013,25 hPa, cela donne une élévation de pression liée à la vapeur d'eau de 0,45 hPa. Donc, oui, le réchauffement climatique a déjà élevé la pression atmosphérique ! C'est même déjà mesurable par un baromètre (assez précis néanmoins). Par contre l'effet spécifique de cette augmentation de pression restera négligeable… tant qu'on ne s'approche pas trop du point d'ébullition des océans !

Vincent Cailliez, Guéret (23)

S&V *"Votre lecteur a raison sur le principe,* réagit Jean-Louis Dufresne (université Pierre-et-Marie Curie). *Je m'étais focalisé uniquement sur le CO_2. Cependant, son calcul est légèrement faux : l'effet est environ 3 fois plus faible que la valeur qu'il mentionne. En effet, la pression partielle de la vapeur d'eau est effectivement proche de 1 %, mais uniquement près de la surface. Lorsque l'on s'élève en altitude, la quantité de vapeur d'eau décroît très fortement. Au final, à chaque fois que la température moyenne va augmenter de 1°C, l'augmentation de la pression atmosphérique liée à la vapeur d'eau sera proche de 0,015 %, c'est-à-dire d'environ 0,15 hPa."*

Erratum

Joël Dupraz, de Plan-les-Ouates (Suisse), nous signale une fâcheuse erreur de titre dans notre petit article sur la recette de la fondue (n°1220, p. 116). *"Il existe bien sûr plusieurs types de fondue, mais l'étude publiée porte sur la fondue moitié-moitié de type suisse. Votre article ne peut donc pas être titré sur la 'fondue savoyarde' qui est bien différente !" "Le fouet ! Le fouet !"* peuvent réclamer, hilares, les lecteurs d'*Astérix chez les Helvètes*.

On en reparle

Plus les temps sont durs, plus il naît de filles !

+2,2% +2,3% +5%

LES ATTENTATS DE PARIS ONT-ILS INFLUÉ SUR LE SEX-RATIO ?

En décembre dernier, nous vous présentions cette incroyable hypothèse : des catastrophes telles que des attentats ou des séismes feraient baisser le nombre de naissances de garçons. Un des mécanismes envisagés est l'augmentation des fausses couches, provoquées par le stress, chez les femmes enceintes de fœtus masculins, supposés plus fragiles. Cette hypothèse s'appuie en particulier sur l'observation d'une baisse de la proportion de garçons parmi les bébés nés à New York et en Californie quelques mois après les attentats du 11 septembre 2001. L'auteur de cette observation, Tim Bruckner, de l'université de Californie à Irvine, nous avait alors confié travailler sur les attentats de novembre 2015 à Paris – nous vous avions même promis de vous tenir informés des résultats… Les voici donc, en exclusivité : dans son étude, Tim Bruckner a observé une baisse de 3,1 % de la proportion de garçons nés dans les maternités parisiennes durant les trois mois qui ont suivi les attentats. Un effet qui est, selon l'épidémiologiste américain, *"comparable à celui observé en Californie"* et qui *"renforce l'hypothèse d'un effet* in utero, *dépendant du sexe du fœtus"*. Sans pour autant sortir cette hypothèse du statut… d'incroyable hypothèse.

E. Abdoun

Nouvelle Classe V.
Donnez toute sa place à votre vie de famille.

Partir en famille, à 3, à 5 ou même à 8, avec peu ou beaucoup de bagages, c'est exactement ce que vous invite à faire la Nouvelle Classe V. Nouveau design, nouvelle motorisation, nouvelle transmission, à découvrir sur www.mercedes-benz.fr/classe-v ou au 01 55 94 20 76.

Mercedes-Benz
The best or nothing.

The best or nothing : Le meilleur sinon rien. **Consommations mixtes de la Nouvelle Classe V : de 5,9 à 7 l /100 km. Émissions de CO_2 : de 155 à 184 g/km.** ✇ Mercedes-Benz : marques déposées de Daimler AG, Stuttgart, Allemagne. Mercedes-Benz France, SAS au capital de 75 516 000 € - 7 avenue Niépce, 78180 Montigny-le-Bretonneux. RCS Versailles 622 044 287.

PETITS CALCULS ENTRE EXPERTS

À la question *"Le réchauffement climatique va-t-il élever la pression atmosphérique ?"*, Jean-Louis Dufresne répond *"Non"* (voir *S&V* n°1216, p. 127). Mais le climatologue oublie d'inclure dans sa réponse la vapeur d'eau. Certes, les émissions directes de vapeur d'eau par l'humanité sont négligeables. Cependant, on a désormais prouvé que la masse de vapeur d'eau dans l'atmosphère augmente d'environ 7 % à chaque fois qu'on gagne 1°C. On n'oubliera pas que la teneur volumique approximative de la vapeur d'eau est de l'ordre de 1 % dans l'atmosphère, que la masse molaire de la vapeur d'eau est de 18 g, tandis que celle de l'air est de 29 g. On pourra alors calculer que l'élévation relative de pression due à la vapeur d'eau est 0,01x0,07x18/29 = 0,00043, soit 0,043 %. Pour une pression atmosphérique de référence de 1013,25 hPa, cela donne une élévation de pression liée à la vapeur d'eau de 0,45 hPa. Donc, oui, le réchauffement climatique a déjà élevé la pression atmosphérique ! C'est même déjà mesurable par un baromètre (assez précis néanmoins). Par contre l'effet spécifique de cette augmentation de pression restera négligeable… tant qu'on ne s'approche pas trop du point d'ébullition des océans !

Vincent Cailliez, Guéret (23)

S&V *"Votre lecteur a raison sur le principe,* réagit Jean-Louis Dufresne (université Pierre-et-Marie Curie). *Je m'étais focalisé uniquement sur le CO_2. Cependant, son calcul est légèrement faux : l'effet est environ 3 fois plus faible que la valeur qu'il mentionne. En effet, la pression partielle de la vapeur d'eau est effectivement proche de 1 %, mais uniquement près de la surface. Lorsque l'on s'élève en altitude, la quantité de vapeur d'eau décroît très fortement. Au final, à chaque fois que la température moyenne va augmenter de 1°C, l'augmentation de la pression atmosphérique liée à la vapeur d'eau sera proche de 0,015 %, c'est-à-dire d'environ 0,15 hPa."*

Erratum

Joël Dupraz, de Plan-les-Ouates (Suisse), nous signale une fâcheuse erreur de titre dans notre petit article sur la recette de la fondue (n°1220, p. 116). *"Il existe bien sûr plusieurs types de fondue, mais l'étude publiée porte sur la fondue moitié-moitié de type suisse. Votre article ne peut donc pas être titré sur la 'fondue savoyarde' qui est bien différente !" "Le fouet ! Le fouet !"* peuvent réclamer, hilares, les lecteurs d'*Astérix chez les Helvètes*.

On en reparle

Plus les temps sont durs, plus il naît de filles !

+2,2% +2,3% +5%

LES ATTENTATS DE PARIS ONT-ILS INFLUÉ SUR LE SEX-RATIO ?

En décembre dernier, nous vous présentions cette incroyable hypothèse : des catastrophes telles que des attentats ou des séismes feraient baisser le nombre de naissances de garçons. Un des mécanismes envisagés est l'augmentation des fausses couches, provoquées par le stress, chez les femmes enceintes de fœtus masculins, supposés plus fragiles. Cette hypothèse s'appuie en particulier sur l'observation d'une baisse de la proportion de garçons parmi les bébés nés à New York et en Californie quelques mois après les attentats du 11 septembre 2001. L'auteur de cette observation, Tim Bruckner, de l'université de Californie à Irvine, nous avait alors confié travailler sur les attentats de novembre 2015 à Paris – nous vous avions même promis de vous tenir informés des résultats… Les voici donc, en exclusivité : dans son étude, Tim Bruckner a observé une baisse de 3,1 % de la proportion de garçons nés dans les maternités parisiennes durant les trois mois qui ont suivi les attentats. Un effet qui est, selon l'épidémiologiste américain, *"comparable à celui observé en Californie"* et qui *"renforce l'hypothèse d'un effet* in utero, *dépendant du sexe du fœtus"*. Sans pour autant sortir cette hypothèse du statut… d'incroyable hypothèse.

E. Abdoun

volkswagen-utilitaires.fr
La bête et la bête.
DIAVEL 1260S
C'est bon d'être rebelle, avec le nouvel Amarok Diavel. En associant son V6 à la teinte noir mat et au sang chaud de la Ducati Diavel 1260S, il devient un véritable "bad boy"* du quotidien.
Véhicules Utilitaires
*mauvais garçon. Amarok Diavel Edition moteur 3.0 V6 TDI 258 ch. Consommation moyenne de carburant pour diesel (en l/100 km) : cycle urbain 9,2, cycle extra-urbain 7,9, cycle mixte 8,4. Emissions de CO_2 (en g/km) : mixte 220.
Volkswagen Group France SA - 11 avenue de Boursonne Villers-Cotterêts - RCS SOISSONS 832 227 370.
Volkswagen Véhicules Utilitaires recommande Castrol EDGE Professional.

SCIENCE&VIE

Une publication du groupe

MONDADORI FRANCE

PRÉSIDENT : Ernesto Mauri

RÉDACTION
8, rue François-Ory
92543 Montrouge CEDEX
Tél. : 01 46 48 48 48 - Fax : 01 46 48 48 67
E-mail : svmens@mondadori.fr

DIRECTEUR DE LA RÉDACTION
Matthieu Villiers,
assisté de Christelle Borelli

RÉDACTEUR EN CHEF
Hervé Poirier

RÉDACTEUR EN CHEF ADJOINT
Grégoire Bouillier (chef d'édition)

DIRECTRICE ARTISTIQUE
Yvonne Diraison

CHEFS DE SERVICE
Valérie Greffoz (rédactrice en chef déléguée du site internet), Vincent Nouyrigat, Caroline Tourbe (science & société, médecine)

CHEFS DE RUBRIQUE
Mathilde Fontez (sciences fondamentales), Muriel Valin (technologies)

RÉDACTEURS
Elsa Abdoun, Thomas Cavaillé-Fol, Émilie Rauscher

SECRÉTAIRE GÉNÉRALE DE RÉDACTION
Florence Roucolle

PREMIÈRE SECRÉTAIRE DE RÉDACTION
Anne Riera

MAQUETTISTES
Valérie Samuel-Charrier (1re maquettiste), Élisabeth de Garrigues

SERVICE PHOTO-INFOGRAPHIE
Anne Levy (chef de service photo), Katia Davidoff, Boris Bellanger (chef de service infographie)

DOCUMENTATION
Marie-Anne Guffroy

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO
S. Aquindo, P.-Y. Bocquet, B. Bourgeois, K. Bettayeb, L. Blancard, S. Brunier, G. Cirade, A. Dagan, E. D'Annunzio, A. Debroise, O. Donnars, S. Fay, L. Galvani, J. Gasull, C. Gillon, F. Gracci, L.-P. Grellier, E. Haentjens, C. Hancok, R. Ikonicoff, T. Jones, M. Kontente, A. Le Denn, A. Périnet, B. Perrin, N. Picard, A. Pihen, A. Rebmann, B. Rey, Y. Sciama, G. Siméon, E. Thierry-Aymé, J.-B. Veyrieras

DIRECTION-ÉDITION

DIRECTION PÔLE
Carole Fagot

DIRECTEUR DÉLÉGUÉ
Sébastien Petit

ABONNEMENTS ET DIFFUSION

DIRECTEUR MARKETING CLIENTS/DIFFUSION
Christophe Ruet

ABONNEMENTS
Catherine Grimaud (directrice marketing direct)
Juliette Mesnil (responsable marketing direct)

VENTES AU NUMÉRO
Christophe Chantrel (directeur des ventes), Siham Daassa (responsable ventes marché) Béatrice Thomas (responsable ventes)

MARKETING/INTERNATIONAL
Gillane Douls, Mathilde Janier-Bonnichon

PUBLICITÉ

DIRECTEUR EXÉCUTIF
Cécile Chambaudrie

CONTACTS PUBLICITÉ
Virginie Commun (50 28), Lionel Dufour (50 19)

PLANNING Angélique Consoli (53 52), Stéphanie Guillard (53 50)

RESPONSABLE TRAFIC
Catherine Leblanc (43 86)

OPÉRATIONS SPÉCIALES
Véronique Besse (43 89)
Grande-Bretagne : Publieurope LTD (infolodon@publieurope.com – 44 (0)20 7927 9800) ;
Allemagne : Publieurope Munich (infomunich@publieurope.com 0049 89 2908150) ;
Suisse : Publieurope Lausanne (infolausanne@publieurope.com 0041 21 323 3110) ;
Espagne : Publimedia Madrid (infomadrid@publim-gestion.es 0034 91 212 83 00)

FABRICATION
Daniel Rougier, Agnès Châtelet

PRÉ-PRESSE
Sylvain Boularand (responsable de service)
Christophe Guérin (adjoint)

FINANCE MANAGER
Renaud Terrade

ÉDITEUR
MONDADORI MAGAZINES FRANCE
Siège social : 8, rue François-Ory
92543 Montrouge Cedex

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION
Carmine Perna

ACTIONNAIRE PRINCIPAL
Mondadori France SAS

IMPRIMEUR : ELCOGRAF – ITALIE
N° ISSN : 0036-8 369

N° DE COMMISSION PARITAIRE :
1020 K 79977. Tarif d'abonnement légal :
1 an, 12 nos + accès au site : 49,90 €
1 an, 12 nos + 6 HS + accès au site : 66,90€
Dépôt légal : juillet 2019

RELATIONS CLIENTÈLE ABONNÉS
Un souci avec votre abonnement ?
Appelez-nous au **01 46 48 48 96**
(de 8h à 20h, du lundi au samedi, prix d'un appel local)
Ou rendez-vous sur **www.kiosquemag.com** dans votre espace client
Par courrier : **Service abonnement Science & Vie - CS 90125 - 27091 Évreux Cedex 9**
États-Unis et Canada : Express Mag, Tél. : 1 800 363-1310 (français) et 1 877 363-1310 (anglais).
Suisse : Edigroup, 022 860 84 50 mondadori-suisse@edigroup.ch.
Belgique : Edigroup Belgique, 070 233 304 mondadori-belgique@edigroup.be
Autres pays : nous consulter.

À NOS ABONNÉS
Pour toute correspondance relative à votre abonnement, merci d'indiquer votre numéro d'abonné présent sur le film ainsi que vos coordonnées. Les noms, prénoms et adresses sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec S&V sauf opposition motivée. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal. Les manuscrits envoyés ne sont pas rendus.

À NOS LECTEURS

RENSEIGNEMENTS
Par courrier :
8, rue François-Ory,
92543 Montrouge Cedex
Par mail : sev.lecteurs@mondadori.fr

COMMANDE D'ANCIENS NUMÉROS, RELIURES ET VPC
Tel : 01 46 48 48 83
Contact@laboutiquescienceetvie.com

AFFICHAGE ENVIRONNEMENTAL
Origine du papier : Allemagne.
Taux de fibres recyclées : 0 %.
Certification : PEFC. Impact sur l'eau : Ptot 0,016 kg/tonne

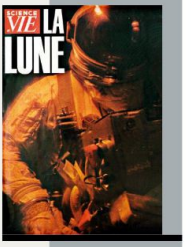
ACPM OJD DIFFUSION

PEFC 10-31-2189

Hors encarts

Dans les kiosques

L'HOMME SUR LA LUNE



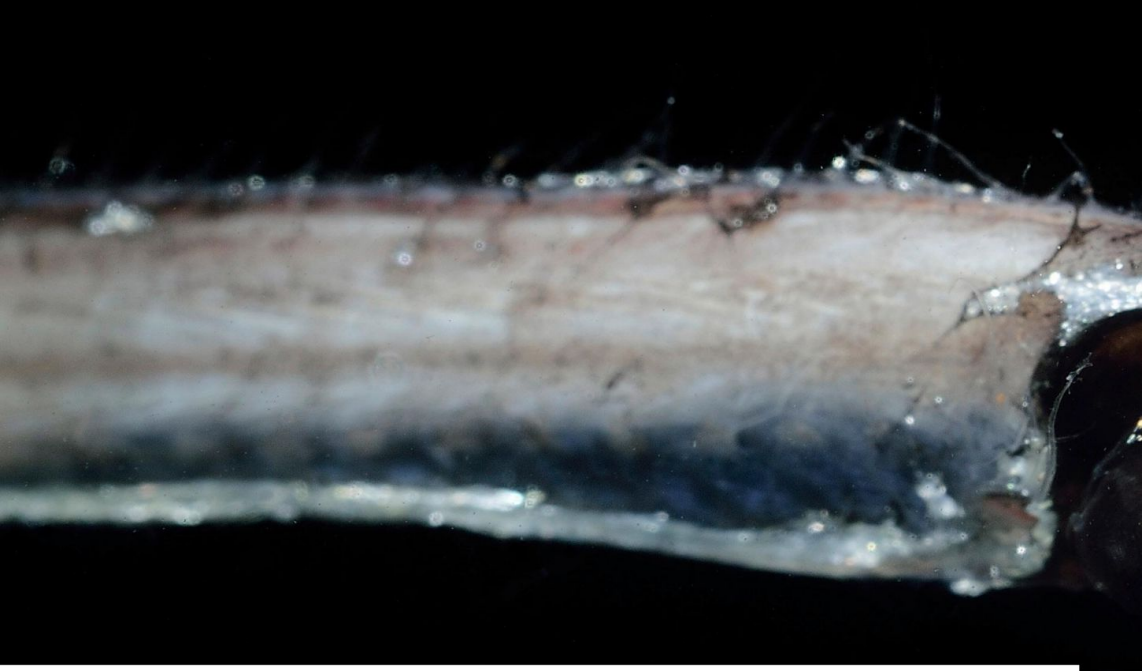
Lors de l'aventure Apollo 11, *Science & Vie* s'était mobilisé pour concevoir un Hors-Série exceptionnel de 160 pages… que nous rééditons pour le cinquantenaire de l'événement. Il est accompagné d'un supplément de 28 p. qui détaille les différentes missions de ce projet hors normes et envisage l'avenir de la conquête spatiale.
Science & Vie Hors-Série, en vente dès le 4 juillet, 6,90 €

RÉPARER UNE INJUSTICE

Les sciences n'y font pas exception. L'idée qu'une femme puisse rivaliser avec Archimède, Newton ou Einstein a paru farfelue durant des siècles. Ne sont-elles pas qu'une maigre poignée à avoir laissé une empreinte dans l'histoire des sciences ? Et pourtant… Ce numéro rend justice à toutes celles qui ont été oubliées, ou pire, spoliées des fruits de leur travail.
Les Cahiers de Science & Vie, 5,95 €

100 QUESTIONS ET 100 RÉPONSES

Les fourmis peuvent-elles être paresseuses ? Les méduses, elles dorment ? Et les plantes, la nuit, elles font quoi ? La 33e édition de notre trimestriel *Questions Réponses* est dans les kiosques. Avis à tous les curieux !
Science & Vie Questions Réponses, 5,50 €



S.ZANKL/NATUREPL.FR

PHYSIOLOGIE ANIMALE

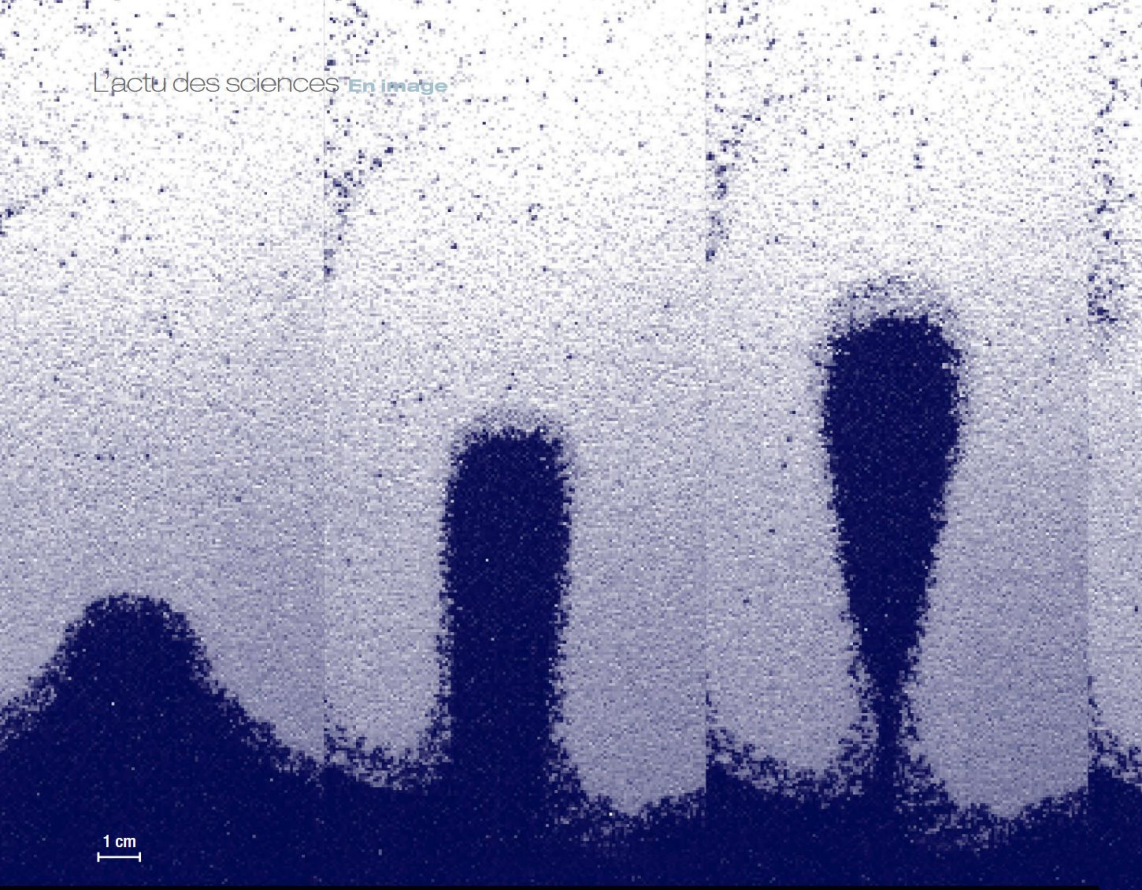
ILS VOIENT LES ABYSSES EN COULEURS !

À plus de 500 m sous la surface de l'océan, l'obscurité est telle que tous les poissons sont gris… du moins à nos yeux. Mais à ceux des poissons des profondeurs, les abysses pourraient bel et bien exister en couleur. C'est ce que vient de découvrir une équipe internationale, en comparant les bases génétiques de la vision chez une centaine d'espèces de poissons : *"La capacité visuelle de plusieurs poissons des profondeurs a évolué, de manière indépendante, vers la même solution"*, s'enthousiasme Zuzana Musilová, de l'université Charles de Prague (République tchèque), première auteure de l'étude.

En effet, chez eux, le nombre de gènes codant pour une protéine dénommée rhodopsine 1 (RH1) a augmenté. Or, c'est elle qui transforme la lumière en influx nerveux dans les bâtonnets, les récepteurs qui permettent la vision nocturne chez les vertébrés. *"La grande majorité des espèces ne disposent que d'une seule version du gène RH1"*, souligne-t-elle. Mais certains poissons en possèdent au minimum 5 versions distinctes – *Stylephorus chordatus* (photo ci-contre) en a 6 – et jusqu'à 38 pour la dirette argentée (*Diretmus argenteus*), le record ! Chez les autres vertébrés, dont l'humain, l'unique RH1 révèle, au mieux, la pénombre en nuances de bleu.

Chez ces créatures de l'ombre, ces multiples RH1 couvrent une gamme de sensibilité plus étendue, allant du violet au vert, leur dévoilant des couleurs invisibles à nos yeux. **J.-B.V.**

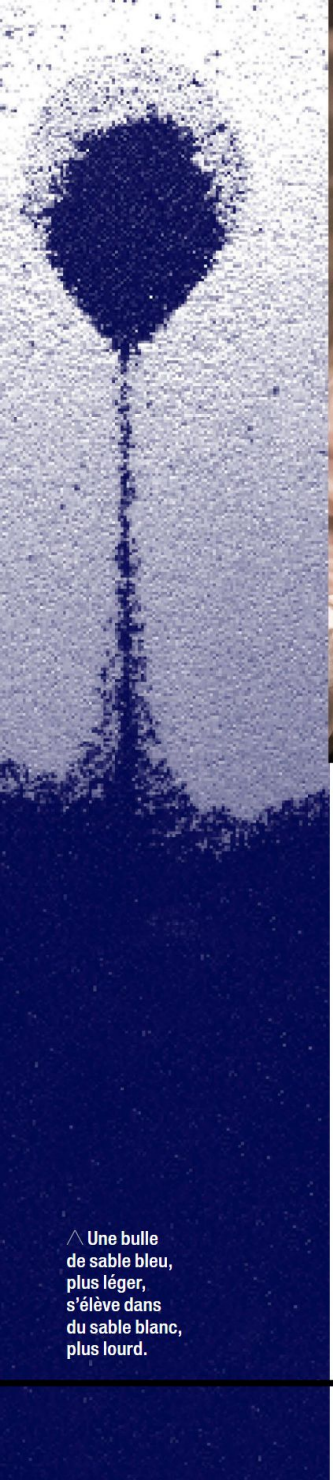
△ ***Stylephorus chordatus*** **possède de multiples versions du gène RH1 qui lui permettent de voir les couleurs malgré l'obscurité.**



MÉCANIQUE GRANULAIRE

DES BULLES DE SABLE ARTIFICIELLES DÉFIENT LA PHYSIQUE

Des physiciens de l'École polytechnique fédérale de Zurich (ETH) ont défié les lois de la physique des fluides en créant des bulles de sable. Ils ont d'abord placé un sable blanc, aux particules plutôt lourdes et petites, au-dessus d'un sable bleu, aux particules plus légères et plus grosses. Puis ils les ont soumis à des vibrations verticales et à un écoulement d'air ascendant. Des bulles granulaires se sont alors formées et ont été propulsées vers le haut. Un phénomène qui rappelle "l'instabilité de Rayleigh-Taylor", qui se produit lorsqu'un fluide léger, placé dans un fluide plus lourd avec lequel il ne peut se mélanger, forme des bulles, comme dans certaines lampes décoratives dites "à lave". Sauf qu'ici, les bulles de sable ne se forment absolument pas de la même façon. C'est l'air qui joue le rôle clé : *"Les grains de sable légers mais gros ont une plus grande perméabilité à l'air que les grains plus lourds et plus petits,* explique Christopher Boyce, physicien à l'ETH. *Les bulles se forment sous l'action conjuguée des vibrations et de l'écoulement d'air qui traverse le sable plus léger, et qui les entraîne vers le haut."* D'ailleurs, aucune bulle ne se forme si les deux sables sont au préalable mélangés, car l'air ne passe pas au travers du mélange ; le sable léger se contente alors de remonter naturellement à la surface sous l'effet de la poussée. O.D.



△ Une bulle de sable bleu, plus léger, s'élève dans du sable blanc, plus lourd.

△ Les deux pales du MHS devront tourner 10 fois plus vite que sur Terre pour le maintenir en vol.

A. PENNÆTH ZURICH - NASA/JPL-CALTECH

ASTRONAUTIQUE

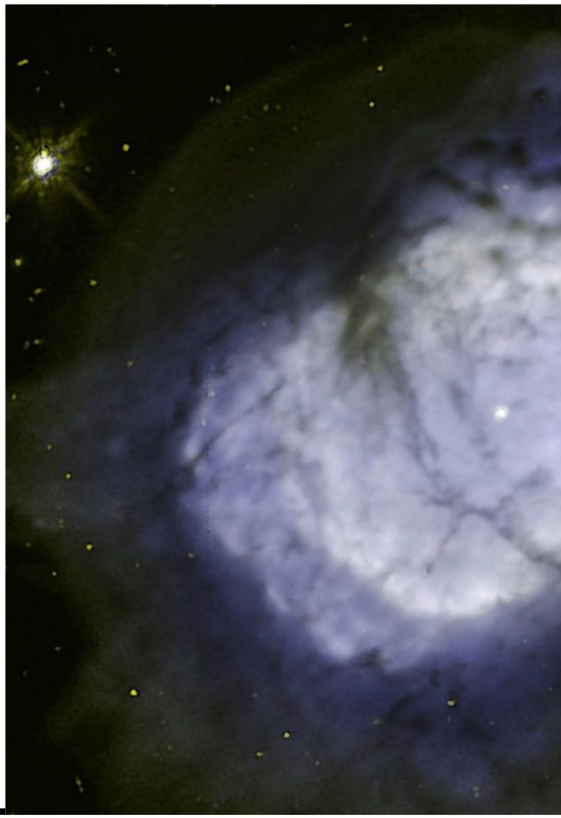
LE PREMIER HÉLICOPTÈRE MARTIEN RÉUSSIT SES TESTS

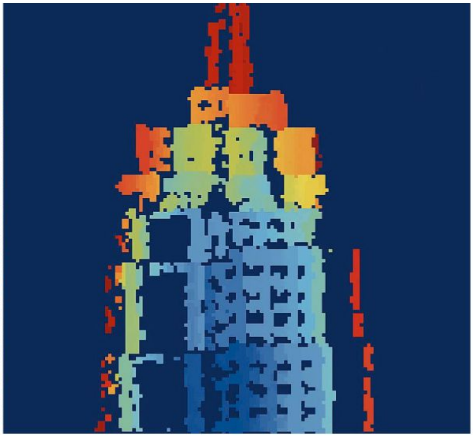
Après les rovers, dont le meilleur n'a parcouru que 40 km en 14 ans sur la Planète rouge, une équipe du JPL (Jet Propulsion Laboratory) de la Nasa, menée par Mimi Aung, teste un nouveau mode de déplacement martien : l'hélicoptère électrique. Le MHS (Mars Helicopter Scout) doit partir dans un an à bord du rover américain Mars 2020. Ses deux pales contrarotatives tournant à 3 000 tours/minutes (10 fois plus vite que sur Terre) devraient l'aider à maintenir en vol son 1,8 kg malgré la fine atmosphère martienne. Pour le vérifier, l'équipe s'est servie du simulateur spatial du JPL : ils y ont fait le vide et l'ont rempli de CO_2, principal composant de l'atmosphère martienne. Puis, pour simuler la gravité de la Planète rouge – 3 fois plus faible que celle de la Terre –, ils ont fixé, au sommet de l'hélicoptère, une lanière motorisée qui l'a soulagé d'une partie de son poids. Il s'est alors élevé de 5 cm sur deux essais, totalisant 1 minute de vol. Ce qui a permis de vérifier qu'il était capable de voler de manière autonome sur Mars. **S.F.**

COSMOCHIMIE

LA PREMIÈRE MOLÉCULE DE L'UNIVERS A ÉTÉ DÉTECTÉE

Des physiciens de l'Institut Max-Planck de radioastronomie de Bonn, en Allemagne, viennent d'identifier la "toute première molécule" de l'Univers, née environ 100 000 ans après le Big Bang. Cette première liaison chimique est le résultat d'une combinaison d'hélium et d'hydrogène, présents dans l'Univers lorsqu'il était encore très jeune : il s'agit d'hydrure d'hélium (HeH^+). Des chimistes avaient réussi à en synthétiser dès 1925 en laboratoire. Puis, dans les années 1970, des astronomes avaient suggéré qu'il pouvait s'en former dans les nébuleuses planétaires. Une intuition restée sans suite. Principalement à cause de l'atmosphère terrestre, qui entrave la vision des spectromètres installés au sol. Il fallait donc monter en altitude. Les physiciens allemands ont embarqué un spectromètre ultrasensible à bord de l'avion Sofia (Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy) de la Nasa, équipé d'un télescope infrarouge et volant au-dessus de la basse atmosphère. L'instrument a détecté de l'hydrure d'hélium dans la nébuleuse planétaire NGC 7027, située à 3 000 années-lumière de la Terre. *"L'abondance observée dans NGC 7027 nous rassure,* explique, soulagé, l'astronome Rolf Güsten, principal auteur de ces travaux. *Car l'absence de preuve de l'existence même de l'hydrure d'hélium nous avait fait douter de notre connaissance de la chimie de l'Univers primitif."* **O.D.**





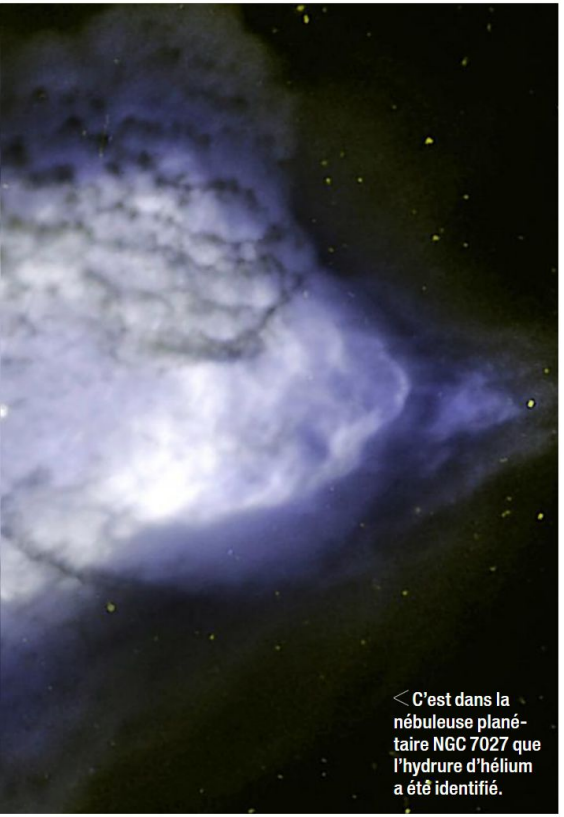
NASA/ESA/HUBBLE SPACE TELESCOPE
FEIHU XU ET AL/UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE CHINE

OPTIQUE

UNE CAMÉRA LASER A PERMIS DE PRENDRE UNE PHOTO EN 3D À 45 KM DE DISTANCE

Photographier un sujet à plusieurs kilomètres de distance est déjà en soi un exercice difficile du fait des distorsions de l'atmosphère. Pourtant, une équipe chinoise, menée par Feihu Xu et Jian-Wei Pan, de l'université des Sciences et Technologies de Chine, a fait mieux ! Elle a réussi à prendre la photo d'un immeuble de Shanghai à 45 km avec une résolution de… 60 cm ! Pour cela, les chercheurs ont utilisé un Lidar, un laser illuminant le sujet à photographier. Connaissant la distance à laquelle l'immeuble se trouve, on

< C'est un Lidar, doublé d'un algorithme, qui a permis de reconstituer l'image d'un immeuble à 60 cm près !



< C'est dans la nébuleuse planétaire NGC 7027 que l'hydrure d'hélium a été identifié.

sait précisément dans quel créneau temporel les photons qu'il réfléchit vont revenir. Toute autre lumière qui ne revient pas dans ce laps de temps n'est tout simplement pas prise en compte. Les photons réfléchis sont alors capturés un par un, puis un algorithme reconstitue l'image de l'objet éclairé, en haute résolution. En captant des photons réfléchis à différentes distances, on peut même obtenir une image 3D.

"Le laser est émis dans le proche infrarouge afin d'être invisible et non dangereux pour l'œil, explique Feihu Xu. *Sa lumière ne peut pas être confondue avec celle du soleil, et elle est peu absorbée par l'atmosphère. Ce type de laser est déjà utilisé dans les télécommunications avec des dispositifs disponibles sur le marché."* Une nouvelle technique qui pourrait être employée pour la télédétection et la surveillance aérienne. **S.F.**

Ça reste à prouver…

LES ROMAINS AURAIENT INVENTÉ LA CAPE D'INVISIBILITÉ

"Je suis tombé par hasard sur la photo aérienne d'un théâtre romain de la ville d'Autun, en Saône-et-Loire, et elle m'a beaucoup intrigué, témoigne Stéphane Brûlé, géophysicien à l'agence Rhône-Alpes. *L'organisation spatiale de ses fondations correspond presque exactement à nos modèles de méta-matériaux !"* Des méta-matériaux ? Ce sont des structures qui promettent de manipuler les ondes de manière radicale, par exemple en faisant adopter à la lumière une trajectoire courbe autour d'un objet ; celui-ci deviendrait alors invisible, comme Harry Potter sous sa cape magique. Idem pour les ondes sismiques. Sébastien Brûlé planche depuis plusieurs années, avec les physiciens de l'Institut Fresnel, sur un dispositif qui permettrait de protéger les villes des ondes des tremblements de terre. L'idée serait de creuser une série de puits très précisément espacés en cercles concentriques autour de la zone à défendre. Un agencement qui correspond étrangement à celui des piliers de fondation du théâtre antique d'Autun. Une forme de bouclier antisismique avant l'heure ? Bien sûr, les Romains n'avaient aucun moyen de maîtriser cette physique de haut vol. Mais… *"Leurs bâtisseurs travaillaient dans des zones fortement sismiques, et cette architecture pourrait avoir été obtenue par tâtonnements, au gré des effondrements, dans une démarche purement empirique"*, avance le chercheur. À moins que ce ne soit une pure coïncidence, car bien d'autres considérations entrent en jeu : *"L'architecture de ces édifices était pensée pour le confort acoustique ou visuel des spectateurs"*, signale Fabricia Fauquet, chercheuse à l'École nationale supérieure d'architecture de Marseille. *"Tout cela reste à étudier, à simuler…* reconnaît le géophysicien. *Je me dis qu'il y a peut-être des leçons à en tirer pour nos ouvrages modernes."* **V. Nouyrigat**

Une microbatterie de 0,75 cm² souple et étirable permettra d'alimenter les lentille connectées.

C.CASTEL/IMT ATLANTIQUE

ÉLECTRONIQUE

LA LENTILLE DE CONTACT AUGMENTÉE DEVIENT AUTONOME

Pour les plus petites interfaces homme-machine, comme les lentilles augmentées, l'autonomie est un vrai défi… relevé par Jean-Louis de Bougrenet de la Tocnaye (à l'IMT Atlantique, Brest) et Thierry Djenizian (École des mines de Saint-Étienne, Gardanne). Leur microbatterie souple (0,75 cm²) est étirable jusqu'à 70 % et peut être intégrée dans une lentille. *"Il fallait qu'elle soit souple car la batterie doit être préformée pour épouser la forme sphérique de la lentille"*, expliquent-ils. Elle peut alimenter des dispositifs de suivi du regard et de transmission radio des informations, afin de déclencher un appareil à distance, ou tout autre dispositif d'aide à la vision pour non-voyants. Reste le problème de sa capacité : les chercheurs envisagent d'augmenter sa surface en la rendant transparente grâce à des matériaux comme le graphène. Cette technologie intéresse déjà l'armée américaine et Google, qui vient d'abandonner son projet de lentille connectée permettant de mesurer en direct la glycémie des diabétiques. **S.F.**

1 milliard d'années

C'est l'âge du plus ancien champignon : *Ourasphaira giraldae*. Dans les falaises de l'Arctique canadien, datées de 900 millions à 1 milliard d'années, des paléobiologistes de l'université de Liège (Belgique) ont découvert des microfossiles de filaments et de sphères constituant le mycélium des champignons. Cette découverte repousse de 500 millions d'années l'apparition des premiers spécimens sur Terre ! O.D.

NOUVELLE ŠKODA

SCALA

POUR CEUX QUI ONT SOIF DE DÉCOUVERTE

ŠKODA

Quitte à mettre l'équipement d'une berline dans une compacte, autant prendre le meilleur. La nouvelle ŠKODA SCALA synthétise ce qui se fait de mieux sur le marché : une habitabilité remarquable, une connectivité à la pointe, des aides à la conduite intelligentes, un design remarqué et des finitions haut de gamme. C'est le moment de sauter le pas.

Volkswagen Group France S.A. au capital de 198 502 510€ - 11 avenue de Boursonne Villers-Cotterêts – RCS Soissons 832 277 370.

ŠKODA recommande **Castrol EDGE Professional.**
Gamme SCALA (hors 1.0 TSI 95ch BVM, 1.0 TSI 116ch DSG, 1.5 TSI 150ch BVM en cours d'homologation) : consommation en cycle mixte (l/100 km) min - max : NEDC corrélé : 4,1 – 5. WLTP : 4,6 - 6,9. Rejets de CO2 (g/km) min - max : NEDC corrélé : 108 – 113. WLTP : 119 - 157. CO2 carte grise : 104 – 110.

A partir du 1er septembre 2017, certains véhicules neufs sont réceptionnés sur la base de la procédure d'essai harmonisée au niveau mondial pour les véhicules légers (WLTP), procédure d'essai plus réaliste permettant de mesurer la consommation de carburant et les émissions de CO2. A partir du 1er septembre 2018, la procédure WLTP remplace complètement le nouveau cycle européen de conduite (NEDC), procédure d'essai utilisée précédemment. Les conditions d'essai étant plus réalistes, la consommation de carburant et les émissions de CO2 mesurées selon la procédure WLTP sont, dans de nombreux cas, plus élevées que celles mesurées selon la procédure NEDC.

www.skoda.fr

△ *Ambopteryx* pesait quelques centaines de grammes et planait de branche en branche.

INSTITUT DE PALEONTOLGIE DE PEKIN

PALÉONTOLOGIE

DES AILES DE CHAUVE-SOURIS FAISAIENT PLANER CE DINOSAURE

Il y a 163 millions d'années, *Ambopteryx longibrachium* s'élançait dans les airs. D'après son fossile, découvert en 2017 dans la province chinoise du Liaoning, il possédait une membrane d'aile et des os servant à tendre cette membrane, à la manière d'une aile de chauve-souris. Mais aussi un pygostyle (os du croupion), où devaient s'enraciner les plumes de sa queue, comme chez les oiseaux modernes. Pouvait-il réellement voler ? *"Il devait plutôt planer de branche en branche à la manière d'un écureuil volant,* estime Min Wang (Institut de paléontologie des vertébrés et de paléoanthropologie de Pékin), qui l'a étudié. *Et ses pattes griffues lui permettaient de grimper aux arbres."* Ce n'est toutefois pas le premier dinosaure de la sorte jamais découvert. Mais son cousin Yi Qi, dévoilé en 2015, n'avait pas convaincu sur sa capacité à voler. *"Avec* Ambopteryx, *nous savons désormais que certains dinosaures ont développé des structures très différentes pour voler."* **O.D.**

ÉVOLUTION

UN PETIT VER DÉVOILE UN MODE DE REPRODUCTION TOTALEMENT INCONNU

Entre sexualité et asexualité, le petit ver *M. belari* a choisi de rester entre les deux : des biologistes français ont appelé cela "l'autopseudogamie". Sa population, féminine à plus de 90 %, ne garde que le nombre minimum de mâles nécessaires à la fécondation de ses œufs, sans conserver leurs gènes. Tous les embryons sont fécondés par les mâles, mais les femelles en produisent de deux types différents : 91 % se développent uniquement à partir de l'ADN maternel pour former des clones parfaits ; 9 % sont le fruit d'un brassage classique des deux ADN pour ne former que des mâles. Selon Marie Delattre (CNRS-ENS), *"le seul intérêt, d'un point de vue évolutif, pour une mère de faire des fils, est que ceux-ci aident ses filles à activer leurs œufs."* **A.P.**

en bref...

BABY-BOOM DANS LA VOIE LACTÉE
Plus de la moitié de nos étoiles sont nées en même temps, il y a 2 à 3 milliards d'années, révèle le satellite Gaia : lors de la collision entre la Voie lactée et une petite galaxie, qui lui a fourni du gaz, matière première des étoiles. **V.G.**

DENISOVA VIVAIT À 3000 M D'ALTITUDE
Un bout de mâchoire de 160 000 ans découvert sur le plateau tibétain appartenait à l'homme de Denisova ! Cette espèce humaine pouvait donc vivre en altitude. Adaptation qu'elle aurait transmise à *Sapiens,* arrivé dans la région il y a 40 000 ans. **T.C.-F.**

LE PREMIER SATELLITE QUI SE RECONFIGURE
Lancés en 2019, les SmartSats de Lockheed Martin téléchargeront de nouvelles fonctions, comme un smartphone des applications. Ils sauront diagnostiquer un problème, sauvegarder leurs données et redémarrer tout seuls. **S.F.**

CRÉDIT & ASSURANCE

VOUS CHERCHEZ LE MEILLEUR TAUX ?

300 agences pour vous accompagner

meilleurtaux.com

1 000 experts en agences à distance

Un crédit vous engage et doit être remboursé. Vérifiez vos capacités de remboursement avant de vous engager.

Aucun versement, de quelque nature que ce soit, ne peut être exigé d'un particulier avant l'obtention d'un ou plusieurs prêts d'argent. Pour tout prêt immobilier, l'emprunteur dispose d'un délai de réflexion de 10 jours ; l'achat est subordonné à l'obtention du prêt, s'il n'est pas obtenu, le vendeur doit lui rembourser les sommes versées. Meilleurtaux, 36 rue de Saint-Pétersbourg 75008 Paris, société par actions simplifiée au capital de 1 000 000 €, RCS Paris n°424 264 281. Courtier, Mandataire non-exclusif et Mandataire d'intermédiaire en Opérations de Banque et Services de Paiement - Intermédiaire en assurance - ORIAS n° 07 022 955 (www.orias.fr). Sous le contrôle de l'ACPR, 4 place de Budapest 75436 Paris Cedex 09 (www.acpr.banque-france.fr).
Listes des agences franchisées – commerçants indépendants – et des partenaires consultables sur meilleurtaux.com.

CITROËN

SUVENDREDI

SUV CITROËN C3 AIRCROSS

CITROËN ADVANCED COMFORT

Plus Spacieux, Plus Modulable

#PlusDePossibilités

12 aides à la conduite*
Toit ouvrant vitré panoramique*
Volume de coffre jusqu'à 520 L*
Grip Control avec Hill Assist Descent*
Banquette arrière coulissante en 2 parties*

INSPIRED BY YOU

Origins SINCE 1919

CITROËN préfère TOTAL

* Équipement de série, en option ou non disponible selon les versions.

CONSOMMATIONS MIXTES ET ÉMISSIONS DE CO_2 DE SUV CITROËN C3 AIRCROSS : DE 4,1 À 5,8 L/100 KM ET DE 106 À 131 G/KM.

avis clients

CITROEN ADVISOR

citroen.fr

Automobiles CITROËN - RCS Paris 642 050 199

D'une énorme cuve de xénon liquide…

Trois tonnes de xénon sont suspendues au centre du dispositif installé sous le massif du Gran Sasso (Italie).

PHYSIQUE DES PARTICULES

LA DÉSINTÉGRATION LA PLUS LENTE DE L'UNIVERS CAPTÉE !

À 1 400 m sous Terre, en Italie, l'expérience Xenon1T a scruté pendant un an le rayonnement issu d'une cuve de xénon. Les rares flashs captés ont révélé l'existence d'une radioactivité inédite, vertigineusement faible.

PAR **ANNE DEBROISE**

Il bat le tempo le plus lent jamais mesuré dans un détecteur. Sa demi-vie, c'est-à-dire le temps nécessaire pour que la moitié d'un échantillon donné se désintègre, vaut mille milliards de fois l'âge de l'Univers ! Rien que ça… Lui, c'est le xénon 124, un élément radioactif connu des seuls physiciens. Sa désintégration est tellement rare qu'il leur a fallu un dispositif expérimental d'une sensibilité exceptionnelle pour l'observer. Un dispositif isolé du moindre rayon cosmique en provenance du ciel qui aurait pu perturber les mesures, enfoui à 1 400 m de profondeur sous le massif du Gran Sasso, en Italie.

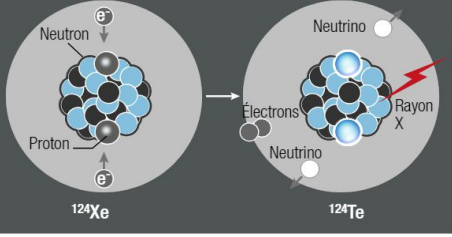
Au centre de ce laboratoire souterrain trône un bac cylindrique de 1 m de diamètre, rempli de 3 tonnes de xénon liquide à -95°C, entouré de capteurs. Pendant une année, en 2017, ceux-ci ont enregistré le moindre rayonnement issu de ce liquide. Pour ne pas perturber l'expérience Xenon1T, personne n'a eu accès aux données avant janvier 2018. Depuis, les 160 chercheurs impliqués se sont passionnés pour leur interprétation. Pour eux, il s'agissait avant tout

… ont émergé quelques flashs lumineux…

Les photodétecteurs, autour de la cuve, ont enregistré des rayons X (en moyenne 1 tous les 3 jours).

… signes d'une réaction rarissime

Chaque rayon X témoigne de la désintégration, encore jamais observée, d'un noyau de xénon 124 (54 protons et 70 neutrons) en tellure 124 (52 protons et 72 neutrons).



XENON COLLABORATION - M.KONTENTE

de détecter des traces de "matière noire", cette matière de nature inconnue qui constituerait la plus grande partie de la masse de l'Univers.

PAS DE MATIÈRE NOIRE

Si de mystérieuses particules de matière noire interagissaient – même très faiblement – avec les atomes de xénon présents dans le bac, ceux-ci devaient y répondre en émettant de la lumière. Las, ce ne fut pas le cas…

Mais les chercheurs espéraient aussi voir d'autres signaux, correspondant à des désintégrations radioactives. Le xénon existe en effet naturellement sous 7 formes isotopiques, dont certaines sont radioactives. La plupart affichent des demi-vies de moins de 12 jours, et les autres sont stables. Enfin, presque…

Le xénon 124, qui représente 0,15 % du xénon, est composé d'un noyau renfermant 54 protons et 70 neutrons, autour duquel orbitent des électrons. Or, selon les modèles de structure atomique, cette configuration est légèrement instable : le noyau aurait tendance à accaparer 2 électrons pour se transformer en tellure 124, recrachant au passage 2 neutrinos, une cascade d'électrons et… un flash de rayons X. *"Les modèles de structure atomique prévoyaient en effet que cet isotope était radioactif, mais nous n'en avions aucune preuve jusqu'ici"*, explique Dominique Thers, du laboratoire Subatech, à Nantes, coordinateur de l'expérience côté français.

Or les physiciens ont bien détecté ces flashs de lumière X correspondant à la désintégration du xénon 124. *"C'est très satisfaisant, pour une fois, de pouvoir publier des résultats positifs !"* s'enthousiasme Dominique Thers. Avec très exactement 126 désintégrations en une année, le xénon 124 exhibe donc une demi-vie de $1{,}8 \times 10^{22}$ ans : la plus longue jamais mesurée directement !

△ **Des taux élevés de carbone 14 ont été découverts dans les tissus des amphipodes, petits crustacés des abysses.**

J.C. PARTRIDGE

OCÉANOGRAPHIE

LES ABYSSES SONT DÉJÀ POLLUÉS PAR NOS ESSAIS NUCLÉAIRES

Du carbone 14 libéré par les essais nucléaires menés à l'air libre dans les années 1950-1960 a été détecté à 11 km de profondeur dans la fosse des Mariannes. *"C'est une surprise"*, témoigne le géochimiste Ning Wang (Institut de géochimie de Guangzhou, Chine). Car si les scientifiques savaient qu'une grande part de ce carbone artificiel avait été absorbée par la surface des océans, ils estimaient qu'il faudrait des centaines d'années avant que les courants ne l'enfouissent dans les profondeurs. *"C'est la chaîne alimentaire qui a joué le rôle d'accélérateur"*, explique l'expert. À commencer par les amphipodes, de minuscules crustacés qui se nourrissent de la "neige organique" (détritus) qui descend de la surface. Or, *"l'échange de composés organiques, contenant du carbone, entre la surface et les abysses est beaucoup plus intense que ce que nous pensions…"* comme le montre le taux élevé de carbone 14 mesuré dans leurs tissus musculaires. Autre ombre au tableau : des traces de polluants organiques d'origine humaine ont été observées chez ces amphipodes et leurs prédateurs. **J.-B.V.**

AGRONOMIE

NOTRE HISTOIRE GÉOPOLITIQUE SE LIT DANS L'ADN DU BLÉ

Voilà dix mille ans que le blé est manipulé aux quatre coins du Globe à grand renfort d'hybridation et de sélection variétale. Tant et si bien que son génome porte la marque de certains événements géopolitiques majeurs ! Un consortium européen d'experts en génétique, physiologie et agronomie a comparé 480 variétés issues de plus de 68 pays. Dans la diversité génétique des blés modernes, les biologistes ont d'abord retrouvé la trace des anciennes routes de migration humaine depuis le Croissant fertile (Proche-Orient). Puis identifié deux groupes de variétés, l'un d'Europe occidentale, l'autre d'Europe orientale : *"Lors de la guerre froide, la limitation des échanges entre blocs politiques a fait évoluer les variétés chacune de leur côté, jusqu'à former deux communautés bien distinctes sur le plan génétique,* explique Gilles Charmet (INRA), un des auteurs de l'étude. *Avec la chute du rideau de fer, la reprise des échanges a favorisé un regain de diversité génétique."* **E.H.**

270 décibels

C'est le "son" le plus fort jamais produit dans l'eau. Il a été obtenu à l'université Stanford en focalisant des rayons X sur un microjet d'eau. Cela a provoqué une explosion de vapeur et la propagation de variations de pression dans le liquide correspondant à un niveau sonore de 270 dB… bien au-delà des 200 dB d'une fusée au décollage ! Mais l'onde n'a pu se propager dans le vide entourant le jet d'eau. Ultrasonore, elle serait de toute façon restée inaudible. **A.D.**

Nouveau
Maison Protégée

Offre de télésurveillance

19€99/mois

pendant 12 mois, puis 25,99 €/mois*
pour un appartement en étage

Le seul vol dont vous allez vous soucier c'est celui des oiseaux migrateurs.

Avec Maison Protégée, profitez d'un système de télésurveillance complet de votre domicile. Tout est inclus : la centrale d'alarme ainsi que les détecteurs de mouvement et d'ouverture, et leur installation par un professionnel. Grâce à sa maîtrise des réseaux, Orange vous assure une connexion 24/7 avec le centre de télésurveillance et les agents qui se tiennent prêts à intervenir.

Offre soumise à conditions, réservée aux abonnés particuliers Orange mobile ou internet pour les logements en France métropolitaine d'une surface jusqu'à 150 m² et dont la valeur des biens mobiliers ne dépasse pas 100 000 €. Frais de résiliation de 49 €.

*Tarif pour un appartement en rez-de-chaussée ou une maison : 24,99 €/mois pendant 12 mois, puis 30,99 €/mois. Promotion valable pour toute 1re souscription (même titulaire et même adresse) du 16/05 au 03/07/2019. Infos sur https://maison-protegee.orange.fr. Maison Protégée est une offre de télésurveillance proposée par Orange Télésurveillance (SASU au capital de 10 000 € – siège social : 1 avenue du Président Nelson Mandela 94110 Arcueil – RCS Créteil 824 353 973), titulaire de l'autorisation d'exercer AUT-094-2117-05-16-20180654177 délivrée par le CNAPS. L'autorisation d'exercice ne confère aucune prérogative de puissance publique à l'entreprise ou aux personnes qui en bénéficient.

orange™

3 DÉCOUVERTES SUR…

ULTIMA THULÉ

À 6 milliards de kilomètres de la Terre, Ultima Thulé est le plus lointain objet exploré par l'homme. Lors de son survol le 1er janvier dernier, la sonde New Horizons a collecté de précieuses informations sur ce vestige de notre Système solaire enfoui depuis 4,5 milliards d'années dans la ceinture de Kuiper.

PAR **JEAN-BAPTISTE VEYRIERAS**

AAAS-SCIENCE

1

Il s'est formé en douceur

Les scientifiques en ont la certitude : les deux lobes de 2014 MU69 – Ultima et Thulé – se sont gentiment soudés l'un à l'autre, car ils ne portent aucun signe de déformation ou de fracture indiquant un choc violent. Leur collision aurait ainsi ressemblé à un doux et éternel baiser. *"Cette observation renforce l'hypothèse selon laquelle les objets de la ceinture de Kuiper se sont formés dans des nuages de poussière de faible vitesse"*, gage Alan Stern, directeur scientifique de la mission New Horizons. Ultima Thulé a d'ailleurs subi peu de collisions depuis sa naissance, comme le confirme le faible nombre d'impacts à sa surface – excepté le cratère Maryland qui coiffe Thulé.

2

Il a un drôle de profil aplati

C'est l'une des grandes surprises révélées par New Horizons. Avec ses 22 km de longueur, 20 de largeur et seulement 7 d'épaisseur, le gros lobe Ultima ressemble étrangement à une lentille. *"C'est une forme très atypique pour un objet en orbite autour du Soleil"*, atteste Alan Stern. Est-ce le résultat de la collision de deux autres objets, qui aurait précédé la naissance d'Ultima Thulé ? Ou de forces de marées gravitationnelles engendrées par Thulé à son approche ? *"C'est une énigme"*, avoue le chercheur.

3

Il arbore d'étonnantes taches lumineuses

Si Ultima Thulé affiche une belle couleur rouge unie, semblable à celle de Mars, *"sa surface présente des différences surprenantes de réflexion de la lumière"*, évoque Alan Stern. La zone la plus brillante se situe notamment au niveau du "cou" qui relie les deux lobes. Les scientifiques évoquent une concentration de sable et de poussière à ces endroits. La composition chimique et structurelle reste pourtant relativement homogène entre les lobes, renforçant l'hypothèse selon laquelle Ultima et Thulé se seraient formés à proximité l'un de l'autre, dans le même nuage originel.

La moitié
des déménagements ne se passe pas comme prévu[1].

Une chose est sûre : le kWh d'électricité est à prix fixe pendant 2 ans[2]. Et en plus, c'est de l'Elec'Verte[3].

J'agis avec ENGIE

Renseignez-vous sur l'offre "Elec Energie Garantie 2 ans" sur particuliers.engie.fr ou au 3080 Service & appel gratuits

ENGIE

Prix fixe du kWh, hors abonnement[2]

(1) Enquête IFOP réalisée en mai 2019 auprès d'un échantillon de 1000 personnes représentatives de la population française.
(2) Offre Elec Energie Garantie 2 ans : le prix par kWh HTT ne peut pas augmenter pendant la durée du contrat. En ce qui concerne l'abonnement HTT, il est indexé sur la part fixe du tarif d'utilisation du réseau public d'électricité qui évolue deux fois par an à la hausse ou à la baisse. Il sera également révisé pour tenir compte des évolutions économiques ou réglementaires liées au mécanisme d'obligation de capacité.
En souscrivant à une offre à prix de marché, vous restez libre de revenir à tout moment et sans frais au tarif réglementé en électricité, pour votre lieu de consommation, si vous en faites la demande.
(3) Électricité verte : pour tout nouveau contrat d'électricité souscrit par un client particulier, à l'exception de l'offre Elec Classique 1 an et de l'offre d'électricité Happ-e, ENGIE achète l'équivalent de la quantité d'électricité consommée par le client en Garantie(s) d'Origine émise(s) par des producteurs d'énergie renouvelable. Une Garantie d'Origine certifie que de l'électricité a été produite à partir d'une source d'énergie renouvelable et injectée sur le réseau électrique.

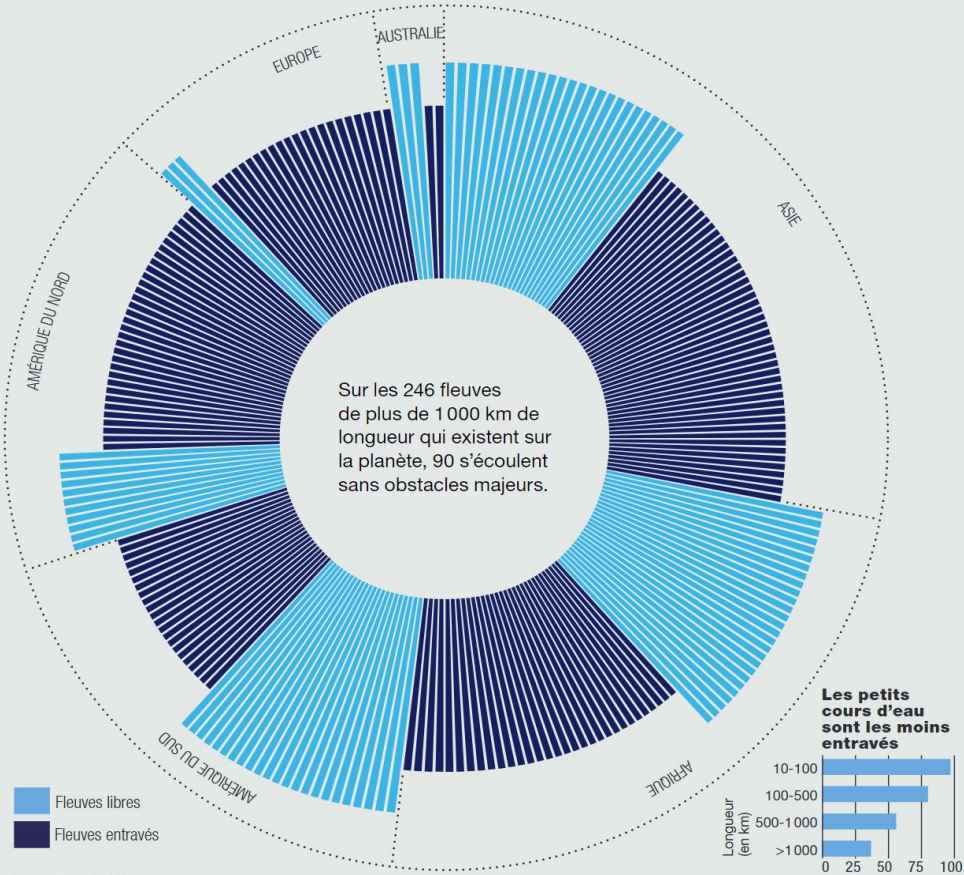
L'énergie est notre avenir, économisons-la !

ENGIE : SA AU CAPITAL DE 2 435 285 011 € - RCS NANTERRE 542 107 651. © Getty Images.

HYDROLOGIE

SEULEMENT UN TIERS DES GRANDS FLEUVES S'ÉCOULENT ENCORE LIBREMENT

Barrages, sites d'extraction de sable, exploitation d'eau potable… Une étude internationale montre que seulement 37 % des grands cours d'eau de la planète (plus de 1 000 km) affichent encore une certaine continuité, essentielle aux écosystèmes et au transport des sédiments. PAR **VINCENT NOUYRIGAT**



Source : *Nature*, 2019

BORIS BELLANGER

BUVEZ FRAIS, BUVEZ VRAI

Parmi toutes les offres du marché, comment trouver LA boisson qui combine plaisir et authenticité ? Grâce à une citronnade bio inspirée du fait-maison avec du jus de citron*, de l'eau, des arômes naturels et une touche de sucre de canne. On fait le point !

Pensez au citron

Quoi de plus authentique qu'un beau citron doré pour donner du goût à l'eau ? Frais et acidulé, ce fruit du Sud gorgé de soleil se transforme en une citronnade désaltérante. Ajoutez quelques glaçons ou encore des feuilles de menthe, vous obtenez une boisson pleine de fraîcheur.

Si simple de se rafraîchir

Quoi de plus authentique que le gout frais et acidulé du citron ? Ce fruit du Sud gorgé de soleil est l'atout désaltérant de la citronnade. Conformément à la réglementation de l'agriculture biologique, ni colorants, ni conservateurs, et pas d'édulcorants pour la recette de notre enfance revisitée en bouteille, mais de l'eau, du jus de citron*, des arômes naturels et juste ce qu'il faut de sucre de canne... bio. Du bio, du vrai, avec un goût léger et savoureux, on dit oui !

* à base de concentré

Misez sur le bio

Cultivés sur des terres qui leur offrent naturellement les meilleures conditions, les ingrédients bio poussent à leur rythme dans une biodiversité préservée et selon des normes strictement contrôlées. Les boissons Honest sont ainsi certifiées bio par la réglementation européenne de l'agriculture biologique. De quoi faire le choix de mieux consommer en toute confiance !

LA RESPONSABILITÉ VERSION HONEST

Parce que sincérité et authenticité sont l'ADN même des boissons Honest depuis la création de la première dans la cuisine du fondateur. En plus d'une qualité rare, ces boissons sont porteuses d'un potentiel positif pour la société et l'environnement. En plaçant l'honnêteté au cœur de sa raison d'être, la marque affiche une personnalité à l'image de son fondateur : pionnière et active.

LE SAVIEZ-VOUS ?

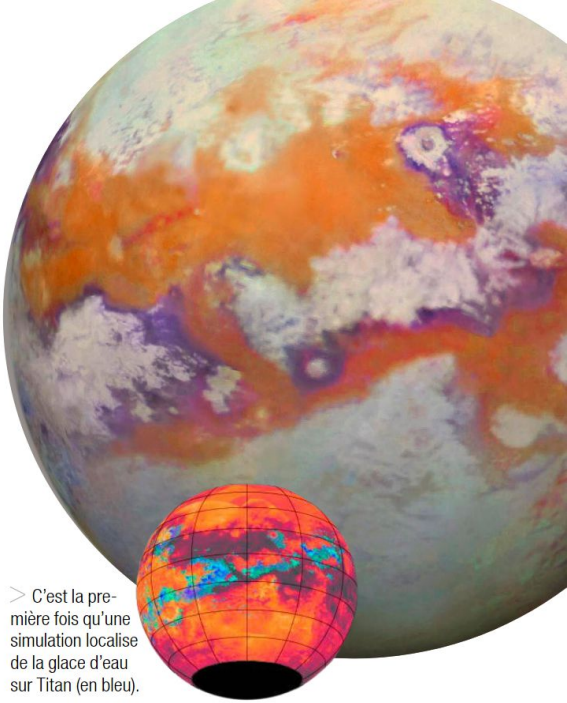
Reine des boissons désaltérantes, la citronnade est aussi prisée au Moyen-Orient qu'en Asie, au Venezuela qu'en Inde, et ce depuis le *qatarmizat* égyptien du VIIe siècle, une boisson à base de jus de citron et de sucre. Selon les traditions, les époques et les pays, elle peut être agrémentée de menthe ou de gingembre, de cumin, de safran ou tout simplement de sel !

©2019 Honest Tea, Inc. Tous droits réservés. HONEST est une marque déposée de Honest Tea, Inc. - Coca-Cola Services France, SAS au capital de 50 000 Euros - 404 421 083 RCS Nanterre. Photos : © Lisa und Wilfried Bahnmüller/Alamy - © pixdeluxe/iStock - © Katerina Sisperova/iStock

PLANÉTOLOGIE

LA SURFACE DE TITAN PORTE UNE CEINTURE DE GLACE

C'est un chemin de glace de plus de 6 300 km de long et de largeur irrégulière. Cette curieuse formation, identifiée par des astrochimistes de l'université d'Arizona, serpente entre les reliefs de la zone équatoriale du plus gros satellite de Saturne. *"Comme Titan est composé à 50 % d'eau liquide et solide,* précise Gabriel Tobie (université de Nantes), *la présence de glace d'eau n'est pas une surprise. Mais c'est la première fois que l'on décrit sa répartition globale à la surface."* Pour y parvenir, les astrochimistes ont analysé 13 000 images prises par la sonde Cassini entre 2004 et 2017. *"Identifier la glace n'est pas évident,* ajoute Daniel Cordier (université de Reims). *Parce que Titan est entouré d'une épaisse atmosphère. Et parce que les rayons UV du Soleil y décomposent le méthane, formant de nombreuses espèces organiques qui se déposent et recouvrent la surface, cachant la glace."* Comme ce couloir s'interrompt sur certains reliefs, les scientifiques pensent qu'il pourrait être en cours d'érosion. **A.D.**



> C'est la première fois qu'une simulation localise de la glace d'eau sur Titan (en bleu).

NASA

NEUROSCIENCES

DES IMPLANTS ONT RÉUSSI L'EXPLOIT DE TRADUIRE DES PENSÉES… EN PHRASES !

C'est une première ! Un implant cérébral a permis de retranscrire des pensées à l'aide d'une voix synthétique. Pour réaliser cet exploit, des chercheurs de l'université de San Francisco ne se sont pas focalisés sur le cortex auditif (comme si on entendait le mot dans la tête), mais sur les zones cérébrales qui contrôlent l'articulation, et donc la production du son souhaité. Pour créer leur "décodeur", ils ont fait lire des centaines de phrases à 5 participants épileptiques, sur le cerveau desquels, pour leur traitement, étaient posées des électrodes, et ont enregistré leur activité cérébrale. *"À partir de ces données neuronales, nous avons construit un tractus vocal virtuel – larynx, lèvres, langue – et traduit l'activité de ce tractus en signal audio,* explique Gopala Anumanchipalli, qui a mené l'étude. *Ce décodeur pourrait être utilisé en direct et, surtout, il fonctionne même lorsque l'individu ne fait que mimer l'articulation des mots."* Les résultats, s'ils ne sont pas parfaits, sont inédits : sur 101 phrases synthétisées, 43 % étaient entièrement compréhensibles si l'on demandait à des volontaires de les reconstruire à partir d'un groupe de 25 mots donnés. *"Certains sons comme les 'b' et 'p' méritent d'être améliorés, et bien sûr la méthode est encore invasive,* reconnaît le médecin. *Mais, à terme, ce décodeur pourrait restaurer la parole chez des personnes l'ayant perdue."* **T.C.-F.**

en bref…

LE CANNABIS EST ORIGINAIRE DE CHINE
D'après les fossiles de son pollen, la plante est apparue sur le nord-est du plateau tibétain, il y a 28 millions d'années, au moment où se formait la première steppe d'Asie. **F.G.**

UN PANSEMENT ARTICULAIRE CONTRE L'ARTHROSE
Une équipe de l'Inserm a mis au point un implant capable de reconstituer une articulation endommagée, dans le cas d'arthrose par exemple. Une sorte de pansement articulaire aux applications prometteuses. **C.G.**

BOSCH
Des technologies pour la vie
Des Technologies
pour la vie
www.bosch.fr
Depuis plus de dix ans, le groupe Bosch contribue activement à façonner le monde connecté. Bosch est aujourd'hui une entreprise leader dans le domaine de l'Internet des objets (IoT). Via son propre cloud IoT, l'entreprise a déjà mis en œuvre de nombreux projets en lien avec l'IoT dans des domaines tels que la mobilité, la maison intelligente, la ville intelligente et l'agriculture.
twitter.com/BoschFrance

50 ANS DANS L'ESPACE

12 avril 1961

Premier homme dans l'espace : le cosmonaute Youri Gagarine fait un tour de Terre hors de l'atmosphère terrestre, à 300 km d'altitude.

20-21 juillet 1969

Premiers hommes sur un sol extraterrestre : Neil Armstrong pose un premier pied sur la Lune. Dix-neuf minutes plus tard, il est rejoint par Buzz Aldrin.

2 novembre 2000

Début de la présence humaine permanente dans l'espace : l'astronaute Bill Shepherd et les cosmonautes Youri Gidzenko et Sergei Krikalev entrent dans le premier module de la Station spatiale internationale (ISS).

GETTY IMAGES
B.BELLANGER

Décrocher de nouveau la Lune : telle est finalement la feuille de route décidée par la Nasa ! Car avec la fin programmée de l'ISS, la concurrence avec la Chine, l'arrivée d'acteurs privés et les progrès technologiques, les conditions sont réunies pour réenchanter la conquête spatiale. Et la Lune coche toutes les cases, avant de viser… Mars.

PAR **PIERRE-YVES BOCQUET**

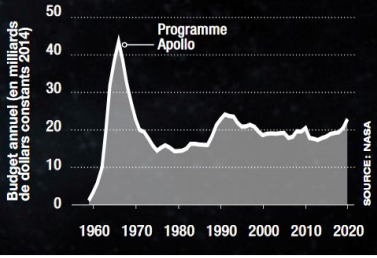
50 ans après Apollo

L'humanité tient son nouveau programme spatial

561

C'est le nombre total d'hommes et de femmes qui sont allés dans l'espace à ce jour. La plupart (plus de 95 %) ont séjourné en orbite terrestre, à bord des stations spatiales russes (Almaz, Saliout, Mir), américaine (Skylab), chinoise (Tiangong) et internationale (ISS) ; 24 ont atteint l'orbite lunaire et 12 seulement se sont posés sur la Lune.

LES MISSIONS APOLLO RESTENT UNE EXCEPTION DANS LE BUDGET DE LA NASA

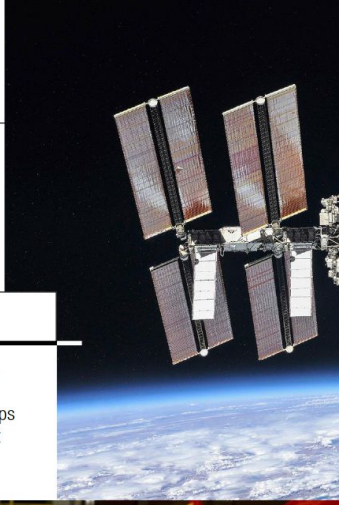


"Un petit pas pour l'homme, un bond de géant pour l'humanité." Il y a cinquante ans, le 21 juillet 1969, à 3 h 56, heure de Paris, Neil Armstrong était le premier homme à poser le pied sur la Lune. Le premier humain à fouler le sol d'un autre objet céleste que la Terre, à découvrir ce paysage "extraterrestre", à explorer un univers resté immaculé depuis la nuit des temps, sous l'œil émerveillé de centaines de millions de Terriens. Le premier aussi à consacrer l'incroyable capacité de notre espèce à se surpasser pour accomplir l'impossible.

Et depuis ? Douze astronautes en tout ont foulé la poussière lunaire, tous américains, jusqu'à la fin du programme Apollo en 1972… Depuis lors, plus aucun humain n'est retourné dans l'espace ailleurs qu'à bord d'une station spatiale (internationale ou chinoise), en orbite juste au-dessus de notre atmosphère, à 400 km du sol terrestre. Comme si, après avoir atteint cette "nouvelle frontière" désignée il y a 50 ans par le président américain John Kennedy, l'humanité n'avait finalement pas osé la traverser…

Certes, des sondes automatisées ont été envoyées bien au-delà : sur Mars, vers Pluton ou même en dehors de notre Système solaire. Mais ces missions n'ont jamais eu l'impact d'Apollo en son temps. "*Pour faire de la science, une mission automatisée peut suffire. Mais si l'on recherche un impact fort, cela passe forcément par l'envoi d'êtres humains,* note John Logsdon, professeur fondateur du Space Policy Institute de l'université George Washington. 'C'est l'homme, pas simplement les machines, dans l'espace, qui capture l'imagination du monde', *écrivaient dès 1961 Robert McNamara, secrétaire à la Défense du président Kennedy, et James Webb, directeur de la Nasa. Je pense que c'est encore vrai aujourd'hui."*

Nouveau contexte



L'ISS, c'est fini

La Station spatiale internationale est financée jusqu'en 2025. Il est temps de trouver un autre projet spatial international.

La Chine vise la Lune

Pour la première fois, la Chine annonce une date : en 2036, des taïkonautes se poseront sur la Lune.

Alors ? Quelle est l'étape d'après ? Mars ? Les lunes de Jupiter ? Un astéroïde ? Proxima du Centaure ? Vers quelle destination spatiale l'humanité va-t-elle se projeter ? En fait, pour le savoir, il suffit de parcourir la feuille de route de la Nasa. Eh oui ! Encore et toujours la Nasa… Car depuis Apollo, l'agence spatiale américaine a maintenu son avance : à ce jour, sur 10 $ dépensés dans le monde pour des activités spatiales, 4 $ viennent de la Nasa. Et sa supériorité technique est à la hauteur de l'écart de moyens qui la sépare de ses rivales : son budget (21,5 milliards de dollars en 2019, dont la moitié consacrée aux vols

NASA - CHINA DAILY/REUTERS - K.LAMARQUE/REUTERS - BLUE ORIGIN

Orbite basse : de l'exploration à l'exploitation

Les humains s'y activent depuis plus de 20 ans et, à part la Chine, qui va bientôt y installer sa 3e station, l'orbite basse (à 400 km) n'attire plus les foules. Et si certaines missions, comme celle de Thomas Pesquet, sont des succès médiatiques, la portée scientifique de l'ISS est critiquée. Vétusté aidant, les agences prévoient d'arrêter de la financer dès 2025 et de la privatiser, c'est-à-dire de la louer à des États, des laboratoires ou des agences de tourisme spatial. À l'instar des satellites, l'accès habité à l'orbite basse pourrait donc faire l'objet de banales transactions commerciales. Pour l'exploit, il faudra viser plus loin.

Le privé débarque

Les entreprises privées SpaceX d'Elon Musk et Blue Origin de Jeff Bezos sont en train de se hisser au niveau des agences spatiales nationales.

Donald Trump accélère

Fin 2017, le président américain signait la Space Policy Directive 1, et le retour des Américains sur la Lune en 2028. En mars dernier, il avance la date à 2024.

habités) est le double de celui de la CNSA chinoise, seconde agence la mieux dotée au monde, et le triple de celui de l'ESA européenne, au 3e rang.

CHANGEMENT DE CAP

En matière d'espace, ce sont donc les États-Unis qui continuent de donner le ton. Or leur programme pour l'avenir a été dévoilé fin 2017, dans la Space Policy Directive 1, le nouvel ordre de mission de la Nasa, signé par le président américain *himself*. *"Nous avons choisi la Lune"*, proclamait JFK en 1961, au lancement d'Apollo. *Make America on the Moon again*, lui répond en substance Donald Trump, 56 ans plus tard. Cette feuille de route fixe en effet comme priorité *"un retour de l'homme sur la Lune, suivi de missions sur Mars et au-delà"*.

Cette annonce a créé la surprise *"au sein même de la Nasa"*, souffle un observateur. L'agence se concentrait en effet jusqu'ici sur l'exploration robotisée de Mars (InSight, Mars 2020…), en préparation d'une mission habitée d'ici une quinzaine d'années, objectif assigné par Obama. Un changement de cap brutal donc… Un de plus, devrait-on dire. Car Mars et la Lune se disputent depuis 30 ans le haut de la feuille de route, à la faveur de chaque élection américaine.

Ainsi, dès 1989, à l'occasion des 20 ans du premier pas sur la Lune, George Bush père promettait d'envoyer des *"hommes sur Mars et au-delà"*. Un projet vite abandonné au vu de son coût astronomique – plusieurs centaines de milliards de dollars. Jusqu'à ce qu'en 2004, son fils George Bush Junior reprenne le flambeau avec le programme Constellation, prévoyant cette fois le retour d'astronautes américains sur la Lune *"au plus tard en 2020"*, avec même l'installation d'une base permanente (le Lunar Outpost) en 2024.

Jugé lui aussi trop cher par Barack Obama en 2010,

le projet est remplacé par de nouveaux objectifs : une mission habitée vers un astéroïde autour de 2025, et des missions habitées vers Mars à l'horizon 2035 ! Un élément du programme Constellation est toutefois conservé : la capsule Orion (un vaisseau spatial habité pour l'exploration lointaine). Elle sera associée à un nouveau lanceur lourd : le Space Launch System. *"Obama a fait un choix tactique : repousser l'exploration à plus tard,* observe Xavier Pasco, président de la Fondation pour la recherche stratégique. *Mais ça a laissé la Nasa sans vision."*

LA LUNE CACHE MARS

Jusqu'à ce qu'à son tour, Trump réécrive la *"to do list"* de l'agence : une *"exploration et exploitation à long terme"* de la Lune, en insistant sur le fait que *"cette fois, il ne s'agira pas seulement de planter notre drapeau et de laisser notre empreinte"*. Avec un calendrier progressif : d'abord, entre 2022 et 2026, la mise en orbite d'une station spatiale autour de la Lune (Lunar Orbital Platform Gateway, lire *S&V* n°1210, p. 102). *"La 2e étape, vers 2028, sera l'exploration de la Lune avec un rover habité pressurisé,* décode David Parker, directeur de l'exploration humaine et robotique à l'ESA. *Et la 3e étape sera l'installation d'une base sur notre satellite, dans les années 2030."*

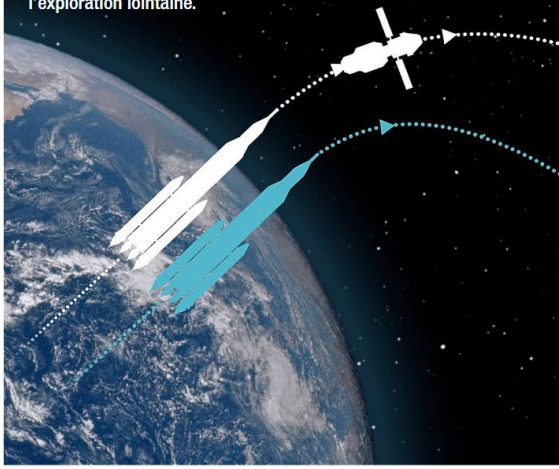
Voilà où nous en sommes aujourd'hui. Et il y a cette fois très peu de chances pour que cet énième programme spatial tombe aux oubliettes sitôt passées les élections américaines de 2020. Car le Congrès a d'ores et déjà donné son aval et doté la Nasa de l'un des plus importants budgets (à dollars constants) depuis la fin d'Apollo. Surtout, ce projet coche toutes les cases : il est emblématique sans risquer de plomber les finances comme l'aurait fait une mission vers Mars ; il permet de recycler le SLS et Orion, dont la fabrication est bien avancée ; enfin, il a l'appui de la communauté scientifique, qui considère que la Lune est une étape indispensable en vue de développer les connaissances (technologies, vie dans l'espace…) qui seront nécessaires pour aller sur Mars.

FRANCIS **ROCARD**
Astrophysicien au Cnes

On ira sur Mars quand on aura franchi toutes les étapes, la première étant de retourner sur la Lune

Le calendrier spatial en 4 étapes

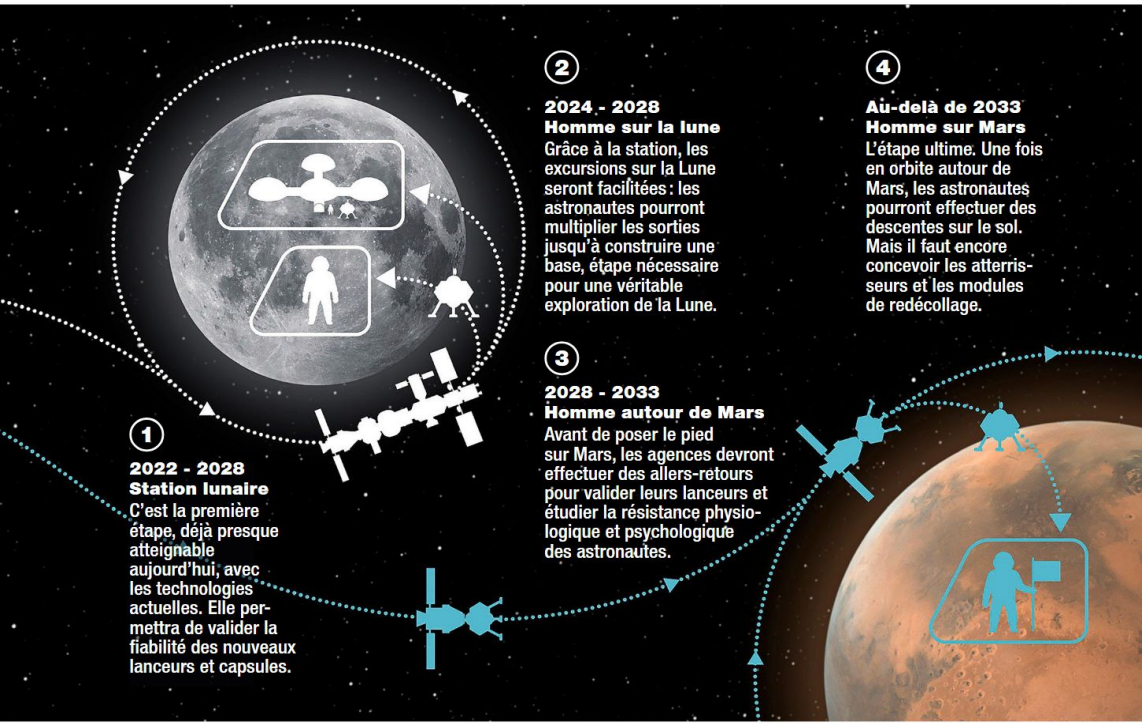
Après de multiples revirements, les agences, Nasa en tête, ont enfin les idées claires sur l'avenir de leurs programmes spatiaux habités. Même si Mars reste l'objectif ultime, plus aucune agence n'espère y emmener des hommes sans retourner au préalable s'entraîner sur la Lune, qui va se transformer dans l'avenir en camp de base vers l'exploration lointaine.



Car la planète rouge reste en fait le véritable objectif – inscrit d'ailleurs en toutes lettres dans la Space Policy Directive 1. Sauf que les technologies requises pour y aller (propulsion, atterrisseur, survie longue durée dans l'espace lointain…) ne sont pas maîtrisées et ne le seront pas, d'après les plus optimistes, avant 2030 ou 2040. *"Depuis une ou deux décennies, il y a consensus aux États-Unis pour dire que l'*Homo americanus *va aller sur Mars, parce que c'est la nouvelle* terra incognita. *Mais on ira sur Mars quand on aura franchi toutes les étapes, la première étant de retourner sur la Lune"*, résume Francis Rocard, responsable de l'exploration du Système solaire au Cnes.

La nouvelle frontière est donc un programme en trois temps : d'abord la Lune en orbite ; puis au sol ; et enfin Mars. De prioritaire, ce programme vient même de franchir un nouveau palier : il est devenu urgent ! La Nasa venait à peine de digérer l'annonce et de viser un retour sur la Lune pour 2028 que Trump, en mars dernier, ramenait la date de cette mission, baptisée Artémis, à 2024 ! Une nouvelle lubie ? Pas vraiment.

B.GUAY/AFP - BRUNO BOURGEOIS



Ce coup de pression sur la Nasa fait en réalité écho à l'exploit accompli par la Chine, en février, de poser une sonde sur la face cachée de la Lune, une première dans l'histoire. En façade, l'Amérique applaudit. Mais en coulisse, *"Washington entend bien ne pas laisser la Chine prendre la main sur la Lune"*, estime Jean Oswald, responsable de la veille technique et concurrentielle au Cnes.

Depuis la chute de la Russie, en effet, c'est bien la Chine qui joue les challengers dans la conquête spatiale. Elle a lancé son premier homme dans l'espace en 2003 et prévoit d'envoyer un premier taïkonaute sur la Lune en 2036. Et jusque-là, elle a toujours rempli ses objectifs.

DEVANCER LES CHINOIS

"Les Chinois pourraient ensuite s'intéresser à Mars, estime Francis Rocard ; *il y a environ 200 000 personnes qui travaillent dans le spatial en Chine, comme à l'époque d'Apollo. Il n'est pas impossible qu'ils soient devant dans les années 2040-2050."* Un avis partagé par Xavier Pasco : *"L'objectif de la Chine est d'être reconnue comme une grande puissance, dans l'optique de devenir numéro un dans 20 à 30 ans."*

D'où cette poussée brutale de Trump sur la manette des gaz. En mai 1961, déjà, le lancement du programme Apollo visait à laver l'affront russe, quand Youri Gagarine était devenu un mois plus tôt le premier homme à aller dans l'espace.

L'histoire se répète, avec comme moteur la concurrence et la suprématie. La politique spatiale américaine applique une fois encore la méthode de l'action-réaction, celle qui l'a menée au succès… et lui sert depuis toujours à propulser ses fusées.

Quoique bien réelle, la rivalité actuelle entre Pékin et Washington n'a toutefois rien à voir avec la guerre froide entre l'URSS et les États-Unis, qui justifiait de doter la Nasa de moyens quasi illimités, comme pour un effort de guerre (le budget de l'agence avait été multiplié par 13 en 6 ans pour atteindre le record inégalé de 43 milliards de dollars en 1966). *"C'est un schéma qui ne peut pas se reproduire, le Congrès américain ne l'autoriserait plus"*, estime Francis Rocard. *"Apollo n'était pas un programme d'exploration,* analyse de son côté

John Logsdon. *C'était uniquement une question de prestige et de pouvoir. Le monde est différent : les pays sont en concurrence, mais pas en compétition."* *"Je parlerais plutôt de 'coopétition'*, lance Yves Gourinat, professeur à Supaéro. *C'est-à-dire d'une coopération compétitive, où l'on s'affronte sans pour autant se faire la guerre."* Et où l'on s'associe, quand c'est possible, pour partager les coûts.

LE PRIVÉ À LA MANŒUVRE

Il faut savoir que l'ISS arrive en fin de carrière (prévue pour 2025), et que les grandes puissances spatiales qui y collaborent (États-Unis, Europe, Japon, Canada, Russie) sont justement en train de chercher quel projet elles vont ensuite soutenir. Ainsi, Russie, Canada et Japon se sont déjà engagés, dans le sillage des États-Unis, dans un projet de station spatiale orbitale lunaire. Et l'Europe attend, suspendue au feu vert de ses membres, qui statueront en novembre prochain.

Sans compter que cette coopération internationale, dont seule la Chine semble exclue, sera marquée par une autre différence majeure par rapport à Apollo : l'implication étroite du secteur privé. Bien sûr, ce n'est pas la première fois ; c'est même la norme – la Nasa, par exemple, a déjà lancé un appel aux industriels pour la conception des futurs atterrisseurs, indispensables pour se poser sur la Lune.

Sauf que certains de ses partenaires commencent à avoir la carrure pour jouer un rôle véritablement moteur dans les prochaines dizaines d'années. C'est le cas de SpaceX, l'entreprise fondée par Elon Musk (Tesla, Paypal), et de Blue Origin, celle de Jeff Bezos (Amazon). La première est déjà parvenue à se faire une place dans le lancement de satellites, pour le compte de la Nasa, en réussissant à être plus compétitive que des lanceurs comme Ariane 5. Le second dispose lui aussi d'un lanceur, le New Shepard, qu'il destine au tourisme spatial. Mais il voit déjà plus loin.

Car ces parangons du *"new space"*, tous deux milliardaires et biberonnés à la science-fiction (point commun qui ne les empêche pas de se détester), caressent des ambitions bien plus grandes, comme le résume Alain Dupas, chercheur associé au Space Policy Institute de l'université George Washington : *"Le projet pharaonique d'Elon Musk, c'est d'installer une communauté sur Mars, pour préserver la civilisation humaine si elle venait à disparaître à la suite d'une catastrophe. Il vise 1 million de colons à la fin du siècle. Bezos souhaite quant à lui coloniser l'espace – en commençant par la Lune – pour y installer les industries les plus polluantes, afin de préserver la Terre et d'en faire un jardin."*

Nouveaux outils

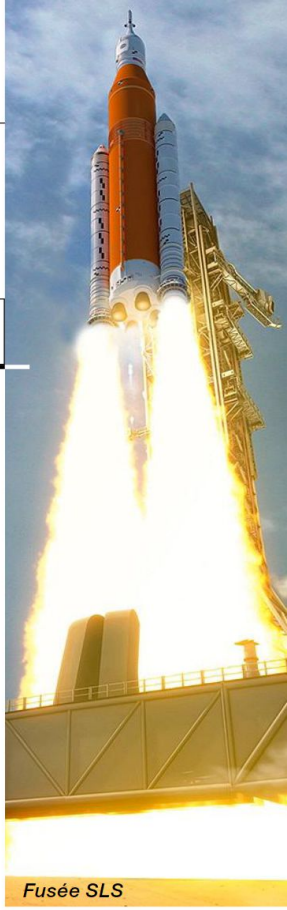
Les lanceurs

L'exploration habitée nécessite des lanceurs plus puissants que pour les satellites. À ce jour, seuls trois sont capables d'emmener un équipage (le Soyouz russe, la Longue Marche 5 chinoise et la Falcon Heavy de SpaceX), mais ils ne peuvent guère dépasser l'orbite basse de l'ISS. Trois nouvelles fusées, plus puissantes, sont en cours de développement :

Space Launch System
(Nasa, États-Unis).
Premier vol prévu : 2020 (échéance peu fiable)

Super Heavy
(SpaceX, É.-U.)
Premier vol prévu : 2020 (fiable)

Longue Marche 9
(CNSA, Chine)
Premier vol prévu : 2028 (très fiable)



Fusée SLS

Robots *vs* astronautes : un faux débat ?

Est-il raisonnable d'envoyer des hommes explorer l'espace alors que des robots peuvent le faire pour bien moins cher ? *"On est dans un rapport de 1 à 100 en la matière"*, estime David Parker, de l'ESA. Mais l'homme reste plus efficace. *"Même aujourd'hui, une mission robotisée sur la Lune ne pourrait faire autant, ni aussi vite, que les astronautes dans les années 1970"*, confirme Christophe Sotin, de la Nasa. Sauf que pour certains, sans hommes dans l'espace, peut-être n'y aurait-il pas de robots non plus ! En effet, l'exploration habitée, seule à même de faire rêver, tire les budgets et alimente les missions robotisées.

Peregrine Lander

Les atterrisseurs

Une fois en orbite, les astronautes doivent embarquer dans un module pour se poser sur la planète. La Nasa a déjà mandaté plusieurs entreprises pour plancher sur des atterrisseurs (pour l'instant non habités), et Elon Musk et Jeff Bezos ont pris les devants :

Starship (SpaceX, États-Unis)
Premier vol prévu : 2020 (échéance fiable)
Blue Moon (Blue Origin, É.-U.)
Premier vol prévu : 2024 (fiable)
Peregrine Lander (Astrobotic Technology-Nasa, É.-U.)
Premier vol prévu : inconnu

Les capsules

Une fois dans l'espace, elles se détachent du lanceur et propulsent les astronautes vers leur destination finale. Aucune de celles en service (le Soyouz russe, le Shenzhou chinois et le Crew Dragon de SpaceX) ne dépasse l'orbite basse, mais des projets sont déjà lancés :

Orion (Nasa, États-Unis). Premier vol prévu : 2023 (échéance fiable)
Starship (SpaceX, É.-U.). Premier vol prévu : 2020 (fiable)
Évolution de Shenzhou (CNSA, Chine).
Premier vol prévu : inconnu mais au plus tard 2036

Capsule Orion

Certes, voilà qui ressemble à des rêves de grands enfants qui font joujou avec des fusées et des milliards. Certes, l'annonce par Musk d'une mission habitée vers Mars dès 2024 est jugée utopique par tous les connaisseurs du spatial. Mais les deux *space start-uppers* n'en inspirent pas moins le respect général : *"C'est exceptionnel de voir la vitesse avec laquelle SpaceX avance,* constate ainsi Jean Oswald, du Cnes. *Comme avec son prototype de vaisseau Starship, unique puisque réutilisable et qui peut servir à la fois de station spatiale, d'atterrisseur et de fusée pour redécoller. C'est du jamais-vu !"* La construction de ce vaisseau a débuté fin 2018 et il a déjà été testé au sol avec succès.

"Quant à Bezos, il est moins bruyant, poursuit le spécialiste, *mais il est beaucoup plus riche que Musk, ce qui le rend peut-être plus redoutable."* Jeff Bezos a d'ailleurs annoncé deux projets de lanceurs lourds, le New Glenn et surtout le New Armstrong, qui pourrait concurrencer le SLS de la Nasa et la Super Heavy Rocket (ex-"Big Fucking Rocket") de Musk. Et a déjà dévoilé en grande pompe, en mai, un projet d'alunisseur.

Autrement dit, les deux trublions du spatial, qui affichent à la fois ambitions, moyens et savoir-faire, pourraient bien rebattre les cartes. *"Pendant combien de temps ces deux-là vont-ils rester de simples fournisseurs de la Nasa ?"* s'interroge Alain Dupas. Nul ne doute plus qu'ils vont finir par prendre des initiatives pour aller plus vite et plus loin.

Une industrie boostée par de nouveaux venus privés, une coopération internationale déjà constituée, un adversaire politique, un objectif crédible, des délais tenables… Tous les ingrédients semblent réunis : le programme d'exploration spatiale habitée est calé. Cinquante ans après Apollo, l'humanité s'apprête à faire un deuxième pas sur la Lune. ■

NASA

Face à l'épidémie de rougeole, la vaccination reste insuffisante

① France

Pointée du doigt par l'Unicef

Selon l'Unicef, 10 pays enregistrent à eux seuls les 3/4 de l'augmentation des cas de rougeole en 2018. Parmi eux, la France, dont la couverture vaccinale est très insuffisante : seuls 90 % des enfants de 1 an avaient reçu au moins 1 dose du vaccin en 2017. Mais ce chiffre pourrait augmenter suite à la mise en place, le 1er janvier 2018, de l'obligation vaccinale pour 11 maladies.

② Italie

Obligée de légiférer

Face à un taux de vaccination trop faible (92 % des enfants de 1 an) et une recrudescence des cas, l'Italie a elle aussi légiféré en 2017 et rendu obligatoires 10 vaccins, dont celui de la rougeole. En 2018, elle a enregistré 2 517 cas : presque autant que la France la même année (2 913 cas), mais 2 fois moins qu'en 2017.

③ Ukraine

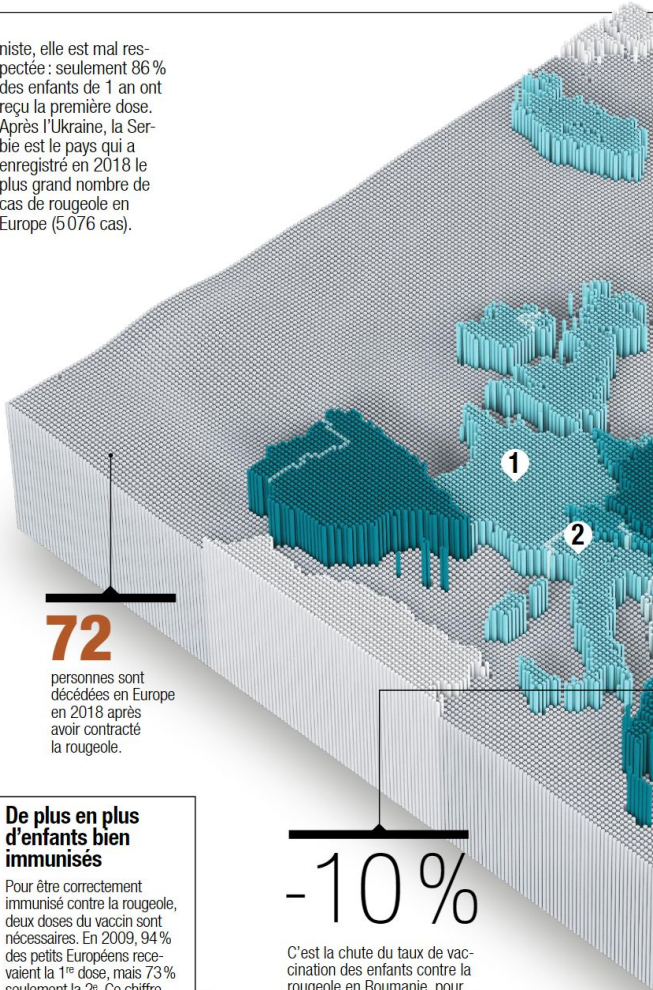
Une situation alarmante

À elle seule, l'Ukraine compte plus de la moitié des 82 596 cas recensés en Europe en 2018. Un foyer épidémique qui inquiète tout le continent. En cause : une désorganisation du système de santé consécutive au conflit avec la Russie.

④ Serbie

L'épidémie fait rage

L'obligation vaccinale n'est pas toujours une garantie : instaurée par l'ancien régime communiste, elle est mal respectée : seulement 86 % des enfants de 1 an ont reçu la première dose. Après l'Ukraine, la Serbie est le pays qui a enregistré en 2018 le plus grand nombre de cas de rougeole en Europe (5 076 cas).

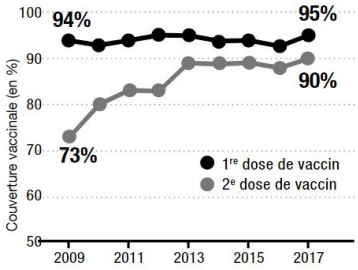


72

personnes sont décédées en Europe en 2018 après avoir contracté la rougeole.

-10 %

C'est la chute du taux de vaccination des enfants contre la rougeole en Roumanie, pour arriver à 87 % chez les enfants de 1 an en 2017. Cette année-là, le pays enregistrait une épidémie record (9 072 cas).



G.CIRADE - M.KONTENTE

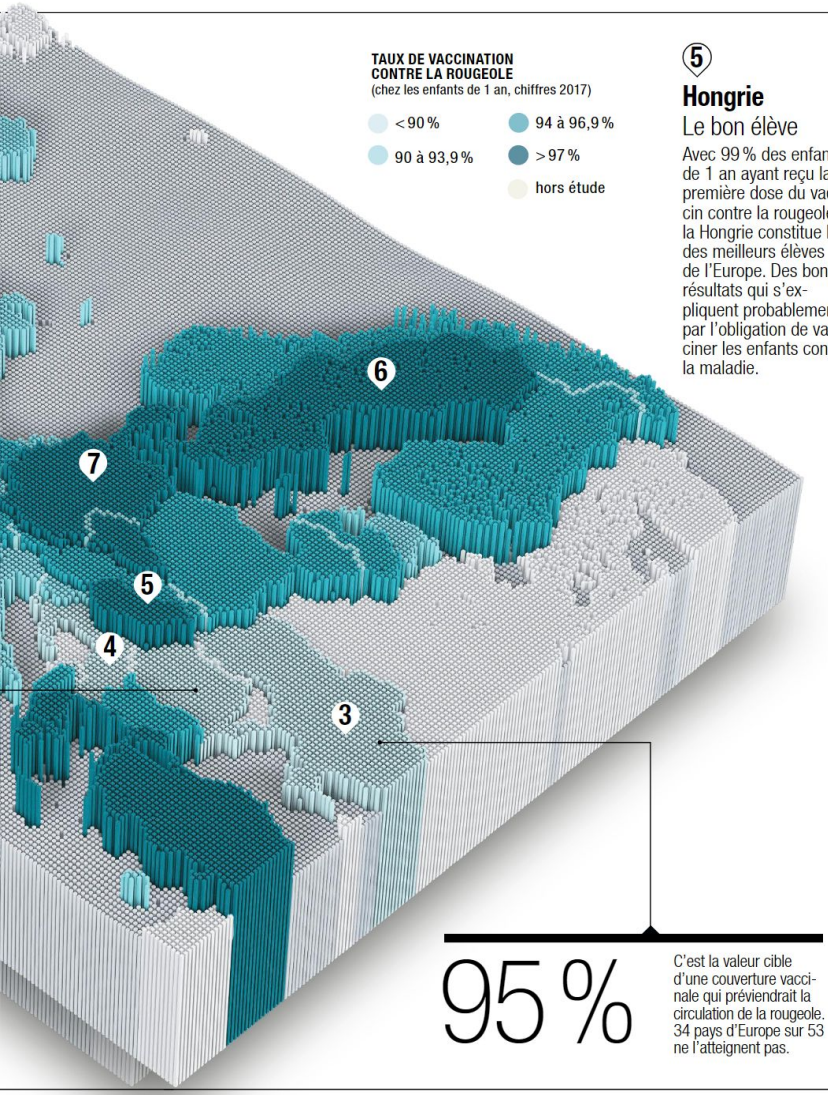
De plus en plus d'enfants bien immunisés

Pour être correctement immunisé contre la rougeole, deux doses du vaccin sont nécessaires. En 2009, 94 % des petits Européens recevaient la 1re dose, mais 73 % seulement la 2e. Ce chiffre est passé à 90 % en 2017… mais il devra atteindre 95 % de la population pour arrêter la propagation de la maladie.

SOURCE : OMS

En 2018, 82 596 personnes ont, selon l'OMS, contracté la rougeole en Europe. C'est 3 fois plus qu'en 2017, et c'est surtout le chiffre le plus élevé de la décennie. Pourtant, dans le même temps, la couverture vaccinale s'est améliorée. Mais cela reste insuffisant, d'autant plus qu'il existe d'importantes disparités entre pays.

PAR **CORALIE HANCOK**



95 %

C'est la valeur cible d'une couverture vaccinale qui préviendrait la circulation de la rougeole. 34 pays d'Europe sur 53 ne l'atteignent pas.

5 Hongrie

Le bon élève

Avec 99 % des enfants de 1 an ayant reçu la première dose du vaccin contre la rougeole, la Hongrie constitue l'un des meilleurs élèves de l'Europe. Des bons résultats qui s'expliquent probablement par l'obligation de vacciner les enfants contre la maladie.

6 Suède

Une grande confiance dans les vaccins

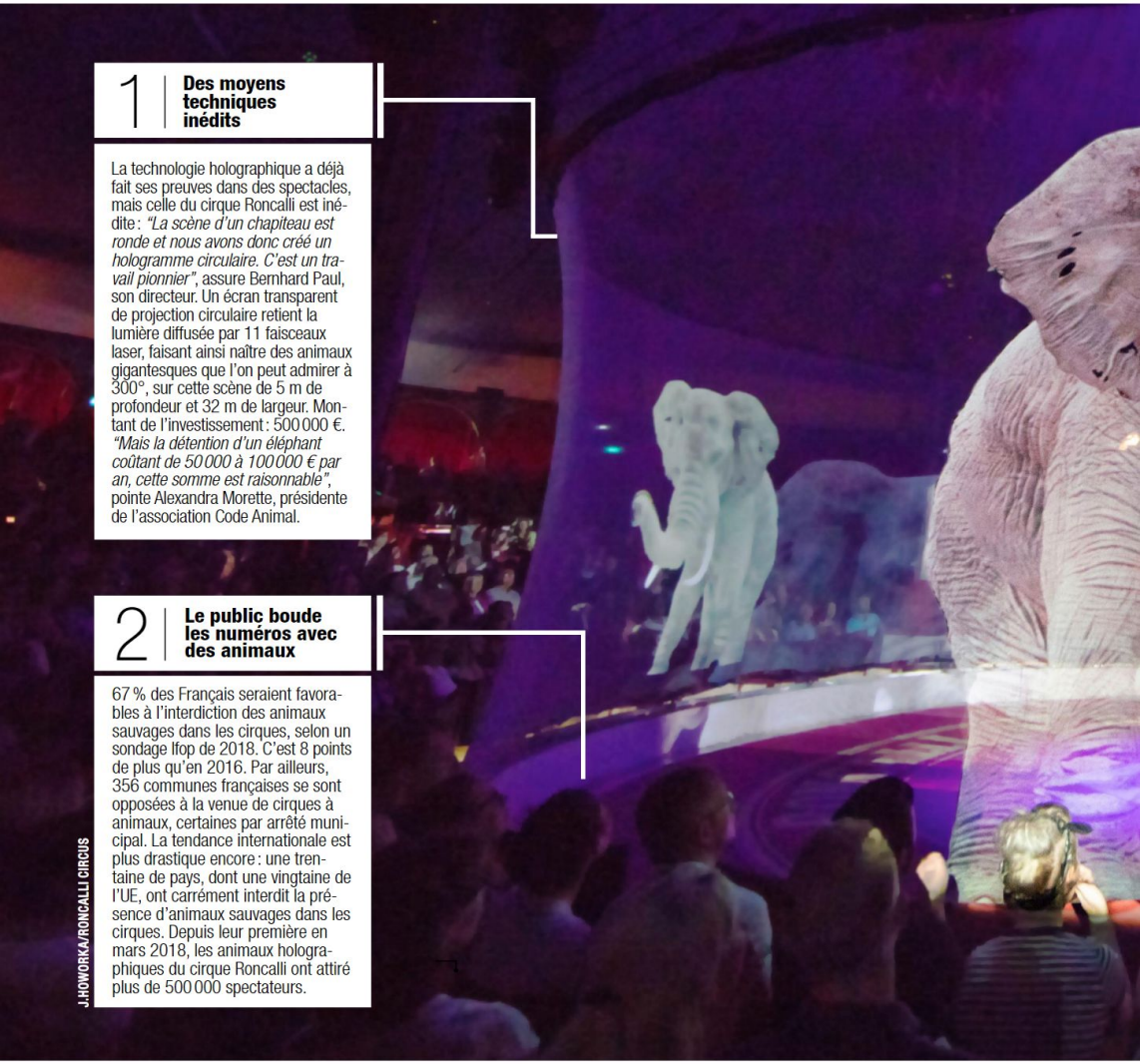
Certains pays, comme la Suède, atteignent une excellente couverture vaccinale (97 % des petits Suédois âgés de 1 an sont vaccinés) sans aucune obligation. En 2017, une proposition de loi dans ce sens avait été rejetée, les parlementaires ayant considéré que l'obligation vaccinale était inutile dans un pays où le taux de vaccination et la confiance dans les vaccins sont élevés.

7 Allemagne

Une politique fortement incitatrice

L'Allemagne possède également une couverture vaccinale très satisfaisante sans que la vaccination ne soit strictement obligatoire. Néanmoins, elle a mis en place depuis peu des mesures dissuasives à l'encontre des parents qui ne font pas vacciner leurs enfants (amendes, signalements, etc.).

Le jour où des hologrammes ont remplacé les animaux de cirque



J.HOWORKA/RONCALLI CIRCUS

1 Des moyens techniques inédits

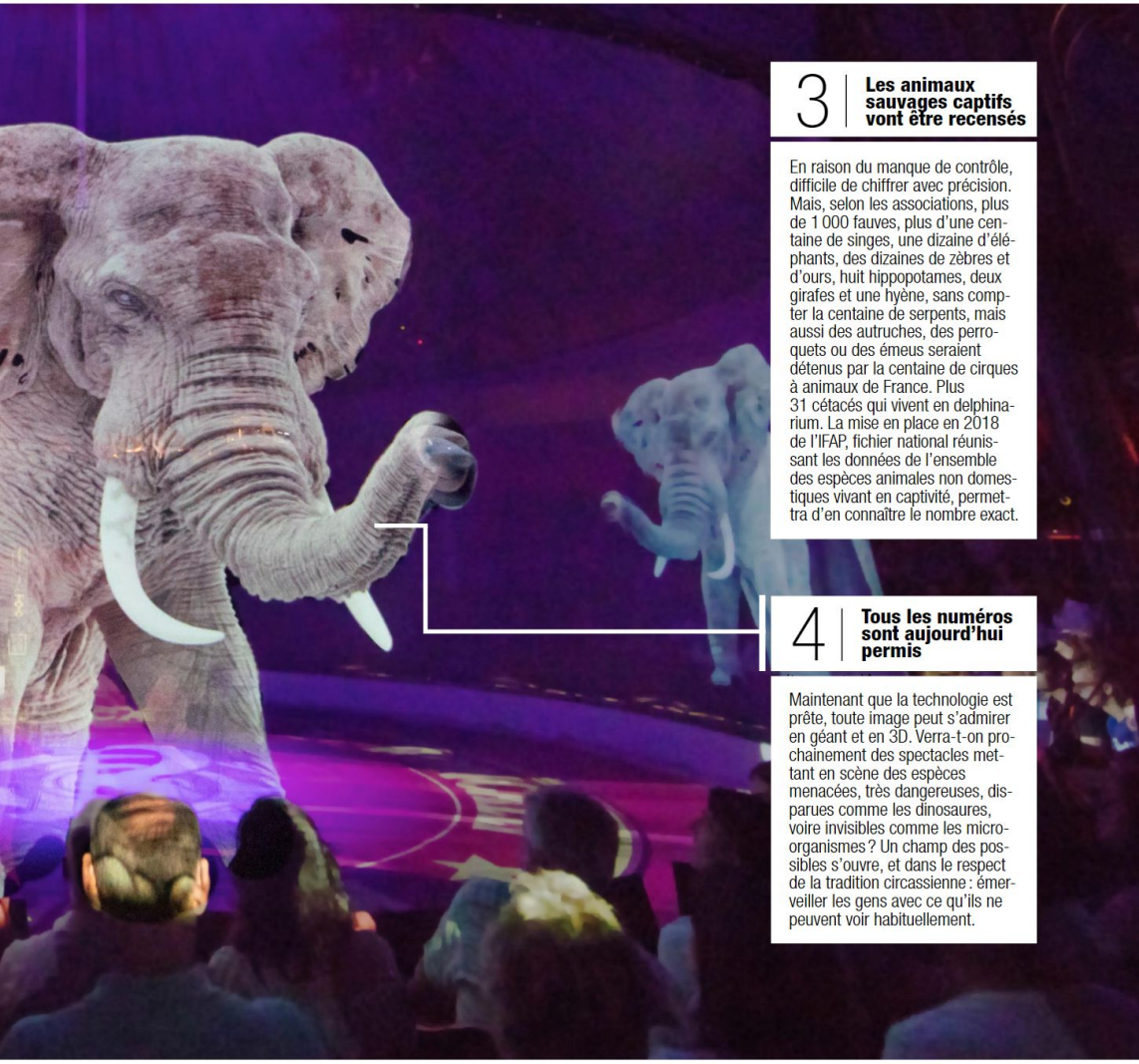
La technologie holographique a déjà fait ses preuves dans des spectacles, mais celle du cirque Roncalli est inédite : *"La scène d'un chapiteau est ronde et nous avons donc créé un hologramme circulaire. C'est un travail pionnier"*, assure Bernhard Paul, son directeur. Un écran transparent de projection circulaire retient la lumière diffusée par 11 faisceaux laser, faisant ainsi naître des animaux gigantesques que l'on peut admirer à 300°, sur cette scène de 5 m de profondeur et 32 m de largeur. Montant de l'investissement : 500 000 €. *"Mais la détention d'un éléphant coûtant de 50 000 à 100 000 € par an, cette somme est raisonnable"*, pointe Alexandra Morette, présidente de l'association Code Animal.

2 Le public boude les numéros avec des animaux

67 % des Français seraient favorables à l'interdiction des animaux sauvages dans les cirques, selon un sondage Ifop de 2018. C'est 8 points de plus qu'en 2016. Par ailleurs, 356 communes françaises se sont opposées à la venue de cirques à animaux, certaines par arrêté municipal. La tendance internationale est plus drastique encore : une trentaine de pays, dont une vingtaine de l'UE, ont carrément interdit la présence d'animaux sauvages dans les cirques. Depuis leur première en mars 2018, les animaux holographiques du cirque Roncalli ont attiré plus de 500 000 spectateurs.

Le 7 juin 2019, le cirque Roncalli s'est installé à Hambourg, en Allemagne. Mais les éléphants, singes, fauves qui enflamment d'ordinaire les chapiteaux sont ici absents, remplacés par une technologie créant des hologrammes ! Une réponse au rejet grandissant du public sur la captivité et le dressage des animaux sauvages.

PAR **THOMAS CAVAILLÉ-FOL**



3 | Les animaux sauvages captifs vont être recensés

En raison du manque de contrôle, difficile de chiffrer avec précision. Mais, selon les associations, plus de 1 000 fauves, plus d'une centaine de singes, une dizaine d'éléphants, des dizaines de zèbres et d'ours, huit hippopotames, deux girafes et une hyène, sans compter la centaine de serpents, mais aussi des autruches, des perroquets ou des émeus seraient détenus par la centaine de cirques à animaux de France. Plus 31 cétacés qui vivent en delphinarium. La mise en place en 2018 de l'IFAP, fichier national réunissant les données de l'ensemble des espèces animales non domestiques vivant en captivité, permettra d'en connaître le nombre exact.

4 | Tous les numéros sont aujourd'hui permis

Maintenant que la technologie est prête, toute image peut s'admirer en géant et en 3D. Verra-t-on prochainement des spectacles mettant en scène des espèces menacées, très dangereuses, disparues comme les dinosaures, voire invisibles comme les microorganismes ? Un champ des possibles s'ouvre, et dans le respect de la tradition circassienne : émerveiller les gens avec ce qu'ils ne peuvent voir habituellement.

service en ligne, il faut sans doute compter plus de 100 000 de nos concitoyens – quand les fichiers de la police américaine disposent de 17 millions de profils et le FNAEG français 3,5 millions, dont 550 000 traces non identifiées. Ce qui permet d'identifier un nombre toujours croissant d'individus… Y compris ceux qui n'ont pas personnellement donné leur ADN – comme Joseph James DeAngelo !

"Il y a un vrai problème de compréhension à ce niveau, souligne Régis Chatellier, de la Commission nationale de l'informatique et des libertés (Cnil). *Les gens ont conscience du risque face au fichier de la police, mais ne retiennent que le côté récréatif pour ceux détenus par des firmes privées. Or, celles-ci récupèrent beaucoup plus de données (ethniques, physiques…), ce qui permet des recherches bien plus larges ! L'ADN porte des informations personnelles et pluripersonnelles : en donnant son ADN, on engage aussi sa famille à son insu, et au-delà du cercle restreint que l'on connaît."*

Bref, pas besoin que toute la France se rue sur les tests génétiques de ces sociétés américaines pour qu'une partie de sa population soit concernée : un lointain cousin américain inconnu s'y inscrit, et vous voilà "indirectement" concerné. Son profil, croisé ultérieurement avec le vôtre, peut constituer le début d'une piste pour vous tracer. Yanis Erlich, généticien et responsable scientifique de la société MyHeritage (davantage axée sur l'Europe), a calculé en 2018 qu'il suffirait que 2 % des Américains d'ascendance européenne se soumettent à ce genre de test pour que 90 % de la population américaine comptent au moins un cousin au troisième degré, ou encore plus proche, dans ce fichier – ce qui pourrait arriver d'ici deux ans, vu leur croissance exponentielle et non contrôlée. *"Cette nouvelle réalité en ligne pose des questions inédites, notamment sur les protections de données situées à l'étranger"*, constate Régis Chatellier.

Si les acteurs étatiques, français et américains, commencent à réfléchir à cette question née il y a à peine deux ans, certaines sociétés privées affichent aussi une volonté de transparence : AncestryDNA et 23&Me publient une fois par an les requêtes qu'ils reçoivent des forces de l'ordre (3 réponses à 34 demandes chez AncestryDNA en 2017, par exemple). D'autres jouent la coopération totale… avec la police. Arguant *a posteriori* de la sécurité nationale, Family Tree DNA a ainsi autorisé le FBI à télécharger ses données dès l'automne 2018, sans même en avertir ses clients ! Une exploitation qui n'avait jamais été prévue dans les conditions d'utilisations initiales.

C'est donc une sorte de *far west* qui règne actuellement dans le monde des données ADN récréatives confiées aux quelques firmes privées se partageant le marché. Un *far west* qu'il devient urgent d'encadrer. ■

DR

RÉGIS **CHATELLIER**
Commission nationale de l'informatique et des libertés

L'ADN porte des informations personnelles et pluripersonnelles : en le donnant, on engage aussi sa famille à son insu !

Un portrait-robot génétique toujours plus précis

En France, la police scientifique utilise l'ADN de deux façons : 21 marqueurs, fixés par le code de procédure pénale, servent à établir un profil génétique – dont certains iront alimenter le Fichier national automatisé des empreintes génétiques (FNAEG). Ces marqueurs, courts fragments d'ADN, sont pris dans les régions "non codantes", c'est-à-dire ne portant pas d'informations ; seul le sexe est déterminé. Ce profil identifie une seule personne, comme un code-barres, mais ne dit rien d'elle… Par contre, depuis 2014, 120 autres marqueurs, issus cette fois de régions codantes, servent à brosser un "portrait-robot génétique" à partir d'ADN recueilli sur les scènes de crime : origine biogéographique, couleurs des yeux, de la peau, des cheveux, taches de rousseur et calvitie sont analysées. *"Ces informations sont à usage unique : elles ne vont dans aucun fichier. Et nous travaillons à la prédiction, à plus ou moins long terme, de l'âge, de la taille, de la corpulence et de la forme du visage,* précise François-Xavier Laurent, du Laboratoire de police scientifique de Lyon. *Mais il reste trop de biais pour que ces traits soient fiables."* Des pudeurs que n'ont déjà plus les sociétés américaines de "détectives génétiques"…

Fonctionnement du cerveau

Mémoriser, raisonner, anticiper, planifier, comprendre…
les capacités du cerveau sont illimitées.

AU RYTHME DU CERVEAU

Le cerveau émet en permanence des ondes dont la fréquence dépend de son activité. Eveil, sommeil, phase intense de réflexion : pour chaque état cérébral, l'activité neuronale est caractérisée par un type d'onde.

Ondes alpha, bêta, gamma : leur rôle est complexe et leur émission par le cerveau dépend de nombreux facteurs, comme l'état psychologique ou encore l'alimentation.

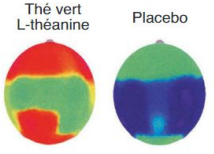
Des études récentes ont par exemple montré le lien étonnant entre Thé vert et ondes alpha. Les feuilles de Thé vert contiennent naturellement une substance appelée L-théanine. Malgré son nom, elle n'a aucun lien avec la théine et ne provoque aucune excitation, bien au contraire. La L-théanine régule la production d'ondes alpha : en situation d'effort intellectuel prolongé, elle est capable de diminuer leur production par le cerveau, ce qui favorise la mémorisation et la concentration. À l'inverse, si le cerveau se trouve en phase d'endormissement, elle stimule leur émission, d'où un effet relaxant propice au sommeil.

INDISPENSABLE IRRIGATION

Le cerveau est incapable de constituer des réserves, et doit donc être alimenté en permanence en glucose. Celui-ci est apporté grâce à un vaste réseau de capillaires, de petits vaisseaux sanguins qui permettent d'irriguer effi cacement l'ensemble du cerveau. Leurs fines parois laissent passer le glucose mais aussi l'oxygène indispensable au bon fonctionnement du cerveau. En effet, quelques minutes seulement sans oxygène y entraîne des lésions irréversibles. Là encore, l'alimentation et le mode de vie en général jouent un rôle primordial. La consommation d'aliments riches en antioxydants qui protègent les capillaires, et plus spécifiquement en polyphénols, influence directement le fonctionnement cérébral. Les recherches convergent notamment sur le Pin maritime, dont l'écorce renferme de grandes quantités de proanthocyanidines ou OPC, des polyphénols capables de stimuler la microcirculation sanguine dans les capillaires.

Le cerveau passé au scanner

L'activité cérébrale peut être observée grâce au scanner qui met en évidence les zones activées en fonction de l'état dans lequel se trouve le cerveau. La consommation de L-théanine (en rouge) active les zones de la mémoire et de la concentration. Sans L-théanine, ces zones restent inactives (en bleu). Les nombreux travaux de recherche effectués sur le fonctionnement du cerveau ont permis de mettre au point des solutions pour améliorer les fonctions cognitives et les performances intellectuelles. Le laboratoire de recherche végétale New Nordic a mis au point une formule complètement naturelle à base de plantes et vitamines. Baptisée **Cerveau Clair**, elle contient des extraits concentrés de Thé vert, de Noix, de Pin maritime et de Grenade, associés à des vitamines et de l'Iode pour optimiser les performances cérébrales. Ces actifs sont capables d'atteindre le cerveau en quelques heures et sont efficaces sur le long terme. Ils sont donc indiqués



pour stimuler les capacités intellectuelles, la concentration et la mémoire, notamment en période de révisions ou d'examens, mais aussi pendant des programmes de plusieurs mois. Les actifs de **Cerveau Clair** atteignent rapidement le cerveau, pour une efficacité en moins d'une heure. Réservé aux adultes de plus de 15 ans.

Disponible en pharmacie et espace diététique

Questions ? Les experts New Nordic vous répondent au **01 85 43 35 22** (tarif local) ou sur www.vitalco.com

Cerveau Clair 60cp est disponible sous le code ACL 295 186 3.

service en ligne, il faut sans doute compter plus de 100 000 de nos concitoyens – quand les fichiers de la police américaine disposent de 17 millions de profils et le FNAEG français 3,5 millions, dont 550 000 traces non identifiées. Ce qui permet d'identifier un nombre toujours croissant d'individus… Y compris ceux qui n'ont pas personnellement donné leur ADN – comme Joseph James DeAngelo !

"Il y a un vrai problème de compréhension à ce niveau, souligne Régis Chatellier, de la Commission nationale de l'informatique et des libertés (Cnil). *Les gens ont conscience du risque face au fichier de la police, mais ne retiennent que le côté récréatif pour ceux détenus par des firmes privées. Or, celles-ci récupèrent beaucoup plus de données (ethniques, physiques…), ce qui permet des recherches bien plus larges ! L'ADN porte des informations personnelles et pluripersonnelles : en donnant son ADN, on engage aussi sa famille à son insu, et au-delà du cercle restreint que l'on connaît."*

Bref, pas besoin que toute la France se rue sur les tests génétiques de ces sociétés américaines pour qu'une partie de sa population soit concernée : un lointain cousin américain inconnu s'y inscrit, et vous voilà "indirectement" concerné. Son profil, croisé ultérieurement avec le vôtre, peut constituer le début d'une piste pour vous tracer. Yanis Erlich, généticien et responsable scientifique de la société MyHeritage (davantage axée sur l'Europe), a calculé en 2018 qu'il suffirait que 2 % des Américains d'ascendance européenne se soumettent à ce genre de test pour que 90 % de la population américaine comptent au moins un cousin au troisième degré, ou encore plus proche, dans ce fichier – ce qui pourrait arriver d'ici deux ans, vu leur croissance exponentielle et non contrôlée. *"Cette nouvelle réalité en ligne pose des questions inédites, notamment sur les protections de données situées à l'étranger"*, constate Régis Chatellier.

Si les acteurs étatiques, français et américains, commencent à réfléchir à cette question née il y a à peine deux ans, certaines sociétés privées affichent aussi une volonté de transparence : AncestryDNA et 23&Me publient une fois par an les requêtes qu'ils reçoivent des forces de l'ordre (3 réponses à 34 demandes chez AncestryDNA en 2017, par exemple). D'autres jouent la coopération totale… avec la police. Arguant *a posteriori* de la sécurité nationale, Family Tree DNA a ainsi autorisé le FBI à télécharger ses données dès l'automne 2018, sans même en avertir ses clients ! Une exploitation qui n'avait jamais été prévue dans les conditions d'utilisations initiales.

C'est donc une sorte de *far west* qui règne actuellement dans le monde des données ADN récréatives confiées aux quelques firmes privées se partageant le marché. Un *far west* qu'il devient urgent d'encadrer. ■

DR

RÉGIS **CHATELLIER**
Commission nationale de l'informatique et des libertés

L'ADN porte des informations personnelles et pluripersonnelles : en le donnant, on engage aussi sa famille à son insu !

Un portrait-robot génétique toujours plus précis

En France, la police scientifique utilise l'ADN de deux façons : 21 marqueurs, fixés par le code de procédure pénale, servent à établir un profil génétique – dont certains iront alimenter le Fichier national automatisé des empreintes génétiques (FNAEG). Ces marqueurs, courts fragments d'ADN, sont pris dans les régions "non codantes", c'est-à-dire ne portant pas d'informations ; seul le sexe est déterminé. Ce profil identifie une seule personne, comme un code-barres, mais ne dit rien d'elle… Par contre, depuis 2014, 120 autres marqueurs, issus cette fois de régions codantes, servent à brosser un "portrait-robot génétique" à partir d'ADN recueilli sur les scènes de crime : origine biogéographique, couleurs des yeux, de la peau, des cheveux, taches de rousseur et calvitie sont analysées. *"Ces informations sont à usage unique : elles ne vont dans aucun fichier. Et nous travaillons à la prédiction, à plus ou moins long terme, de l'âge, de la taille, de la corpulence et de la forme du visage,* précise François-Xavier Laurent, du Laboratoire de police scientifique de Lyon. *Mais il reste trop de biais pour que ces traits soient fiables."* Des pudeurs que n'ont déjà plus les sociétés américaines de "détectives génétiques"…

Fonctionnement du cerveau

Mémoriser, raisonner, anticiper, planifier, comprendre…
les capacités du cerveau sont illimitées.

AU RYTHME DU CERVEAU

Le cerveau émet en permanence des ondes dont la fréquence dépend de son activité. Eveil, sommeil, phase intense de réflexion : pour chaque état cérébral, l'activité neuronale est caractérisée par un type d'onde.

Ondes alpha, bêta, gamma : leur rôle est complexe et leur émission par le cerveau dépend de nombreux facteurs, comme l'état psychologique ou encore l'alimentation.

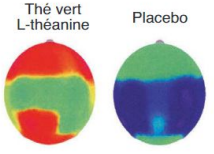
Des études récentes ont par exemple montré le lien étonnant entre Thé vert et ondes alpha. Les feuilles de Thé vert contiennent naturellement une substance appelée L-théanine. Malgré son nom, elle n'a aucun lien avec la théine et ne provoque aucune excitation, bien au contraire. La L-théanine régule la production d'ondes alpha : en situation d'effort intellectuel prolongé, elle est capable de diminuer leur production par le cerveau, ce qui favorise la mémorisation et la concentration. À l'inverse, si le cerveau se trouve en phase d'endormissement, elle stimule leur émission, d'où un effet relaxant propice au sommeil.

INDISPENSABLE IRRIGATION

Le cerveau est incapable de constituer des réserves, et doit donc être alimenté en permanence en glucose. Celui-ci est apporté grâce à un vaste réseau de capillaires, de petits vaisseaux sanguins qui permettent d'irriguer effi cacement l'ensemble du cerveau. Leurs fines parois laissent passer le glucose mais aussi l'oxygène indispensable au bon fonctionnement du cerveau. En effet, quelques minutes seulement sans oxygène y entraîne des lésions irréversibles. Là encore, l'alimentation et le mode de vie en général jouent un rôle primordial. La consommation d'aliments riches en antioxydants qui protègent les capillaires, et plus spécifiquement en polyphénols, influence directement le fonctionnement cérébral. Les recherches convergent notamment sur le Pin maritime, dont l'écorce renferme de grandes quantités de proanthocyanidines ou OPC, des polyphénols capables de stimuler la microcirculation sanguine dans les capillaires.

Le cerveau passé au scanner

L'activité cérébrale peut être observée grâce au scanner qui met en évidence les zones activées en fonction de l'état dans lequel se trouve le cerveau. La consommation de L-théanine (en rouge) active les zones de la mémoire et de la concentration. Sans L-théanine, ces zones restent inactives (en bleu). Les nombreux travaux de recherche effectués sur le fonctionnement du cerveau ont permis de mettre au point des solutions pour améliorer les fonctions cognitives et les performances intellectuelles. Le laboratoire de recherche végétale New Nordic a mis au point une formule complètement naturelle à base de plantes et vitamines. Baptisée **Cerveau Clair**, elle contient des extraits concentrés de Thé vert, de Noix, de Pin maritime et de Grenade, associés à des vitamines et de l'Iode pour optimiser les performances cérébrales. Ces actifs sont capables d'atteindre le cerveau en quelques heures et sont efficaces sur le long terme. Ils sont donc indiqués



pour stimuler les capacités intellectuelles, la concentration et la mémoire, notamment en période de révisions ou d'examens, mais aussi pendant des programmes de plusieurs mois. Les actifs de **Cerveau Clair** atteignent rapidement le cerveau, pour une efficacité en moins d'une heure. Réservé aux adultes de plus de 15 ans.

Disponible en pharmacie et espace diététique

Questions ? Les experts New Nordic vous répondent au **01 85 43 35 22** (tarif local) ou sur www.vitalco.com

Cerveau Clair 60cp est disponible sous le code ACL 295 186 3.

Cyberguerre : la première riposte militaire ouvre une brèche

Dimanche 5 mai 2019, l'armée israélienne revendiquait dans un tweet avoir *"ciblé un bâtiment dans lequel travaillent des cyberagents du Hamas"*, en réponse à *"une tentative de cyber-offensive"* de cette organisation. *"C'est la première fois qu'un État revendique ouvertement une riposte physique à une attaque informatique"*, signale François Delerue de l'Institut de recherche stratégique de l'École militaire. Même les cyberattaques les plus violentes, comme le piratage en 2015 et 2016 du réseau électrique ukrainien, n'avaient pas donné lieu à des tirs de missiles en retour. Preuve que les lois de la cyberguerre se dessinent en ce moment (lire aussi *S&V* du mois d'avril 2014).

La réponse armée est-elle appropriée ?

L'article 51 de la charte des Nations unies n'autorise le recours à la légitime défense qu'en cas d'"agression armée", qui pourrait correspondre à une attaque virtuelle provoquant de substantiels dégâts physiques – et *a fortiori* des blessés ou des morts. Dans le cas présent, la riposte paraît disproportionnée : *"Le Hamas n'est pas connu pour mener des cyberopérations sophistiquées"*, soulève Marie Baezner, de l'université de Zurich. De fait, l'État hébreu a ensuite rectifié sa communication, évoquant un bombardement mené dans un cadre plus large de riposte aux tirs de roquettes du Hamas. *"Il y a un consensus sur le fait que les informaticiens menant des cyberopérations sont des militaires comme les autres, et peuvent donc constituer des cibles en temps de guerre"*, rappelle François Delerue.

En bref

2,10 kg/m²

C'est, en 33 ans, l'augmentation moyenne de l'IMC (indice de masse corporelle : le poids divisé par la taille au carré) des personnes vivant en milieu rural. Contre une hausse de seulement 1,47 kg/m² en ville. Un résultat inattendu tiré d'une étude menée sur plus de 110 millions de personnes dans 200 pays. **L.-P.G.**

3,7 millions

C'est le nombre de bateaux de pêche recensés dans le monde par des chercheurs australiens, soit 2 fois plus qu'en 1950 – et même 4 fois plus en Asie. Signe des temps : cette flotte moderne déploie en moyenne 5 fois plus d'efforts par prise qu'il y a 70 ans. **V.N.**

Comment prouver l'origine de la cyberattaque ?

Il est souvent difficile d'identifier de façon certaine l'ordinateur dont est partie une cyberattaque – et plus encore l'État qui en est à l'initiative. Comment, dès lors, justifier une éventuelle riposte contre un cyberattaquant ? Pour l'instant, les États n'ont aucune obligation légale de fournir des preuves informatiques devant une quelconque instance internationale… sans compter, reconnaît Marie Baezner, que *"tous mènent leur riposte informatique dans le plus grand secret"*. En tout cas, de façon beaucoup plus discrète qu'un tir de missile.

V.Nouyrigat

#FAKENEWS

O. ZIDON/FLASH-90/REA - SHUTTERSTOCK - TONWEN JONES/COLAGENE

Non, le premier homme sur la Lune n'est pas une fiction !

Le 21 juillet 1969, plus de 500 millions de personnes s'émerveillent en Mondovision devant les premiers pas de Neil Armstrong sur la Lune. Alors que l'on fête les 50 ans de cet exploit, les adeptes de la thèse complotiste continuent de soutenir qu'il s'agit d'une mascarade orchestrée dans le plus grand secret par la Nasa et que l'homme n'a en réalité jamais mis les pieds sur la Lune. Parmi les arguments capables de démasquer la supercherie, ils soulignent l'absence d'étoiles sur les clichés. Oui, mais le site d'alunissage est exposé au Soleil, comme la Terre en plein jour ! Autre argument : les photos du drapeau ne le montrent-elles pas flottant au vent alors que la Lune est vierge de toute atmosphère ? Oui, mais une barre rigide a été glissée dans sa partie supérieure pour lui donner – faussement il est vrai – fière allure. L'ombre de la hampe serait dans la direction opposée ? Non, il s'agit de l'ombre d'un autre objet situé hors champ. À leurs yeux, même l'argument de poids – les 382 kg de roches lunaires rapportés par les missions Apollo et analysés par des scientifiques du monde entier – serait douteux : *"L'âge et les signatures isotopiques de ces roches indiquent clairement une origine extraterrestre"*, tranche le géochimiste Frédéric Moynier (Institut de physique du Globe de Paris) qui les étudie depuis plusieurs années. De là à suspecter que la science mondiale comploterait de concert… carrément lunaire ! **J.-B.V.**

12 %

C'est la part des adolescents déclarant n'avoir jamais consommé ni alcool, ni tabac, ni cannabis. Ce taux était de 5 % en 2002, traduisant un renouvellement générationnel dans le rapport aux consommations, sans doute dû à la communication accrue et à une modification des mœurs. **E.D.**

17 764

C'est le nombre de sites délaissés ou déjà artificialisés propices, en France, à l'installation de centrales photovoltaïques sans provoquer de conflit d'usage (Ademe). Anciens dépôts d'hydrocarbures, déchetteries, parkings… ils pourraient générer 6 fois la puissance du parc actuel. **V.N**

Les clés pour comprendre l'effet des LED sur la santé

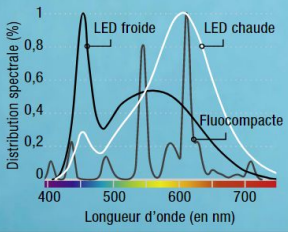
Dangereuses ou inoffensives ? Pointées du doigt depuis plusieurs années pour leur potentiel effet sur la santé, les LED sont de nouveau dans le collimateur suite à la sortie d'un rapport scientifique. Faut-il limiter leur usage ? À quels risques sommes-nous exposés ? État des lieux en 5 points.

PAR **MURIEL VALIN**

SHUTTERSTOCK - M.KONTENTE

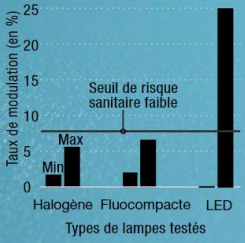
1 Une lumière plus riche en bleu que les autres

À la différence d'autres ampoules, les LED émettent une lumière souvent riche en longueurs d'onde courtes, correspondant au bleu.

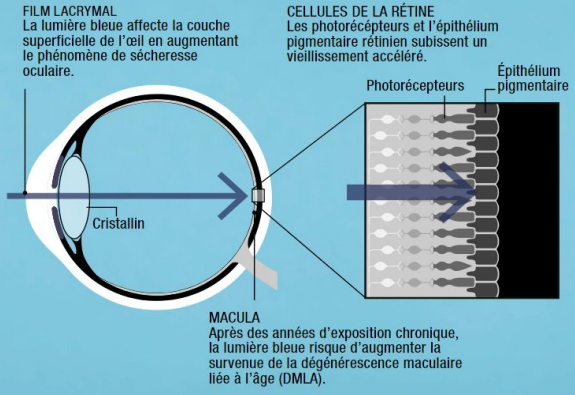


3 Susceptible de provoquer maux de tête et fatigue

En plus d'éblouir, près de la moitié des LED étudiées par l'Anses présentent des variations d'intensité importantes et rapides. Ce phénomène produit des effets stroboscopiques, un papillotement induisant migraines et fatigue.



Le dernier gros rapport remontait à 2010 et laissait plusieurs points en suspens. Cette fois, l'Anses vient de délivrer les derniers résultats sur l'impact des LED, suite à l'étude de plus de 600 publications récentes. Le verdict est sans ambiguïté. Oui, la lumière émise par les LED est nocive, et à plusieurs titres : sur la vision, mais aussi sur le rythme biologique. Le constat mérite qu'on s'y attarde, car ces composants électroniques sont devenus omniprésents dans notre société. Ampoules, écrans de télé, smartphones, phares de voitures, jouets… Les LED sont partout autour de nous. Depuis la disparition des lampes à incandescence (2009) et des halogènes (2018), elles sont même devenues la principale source d'éclairage en Europe et représentent plus des trois quarts des lampes vendues en France, devant les fluocompactes. Il faut dire qu'elles sont économes en énergie et bien plus durables que les autres ampoules (jusqu'à 40 000 heures contre 8 000 pour les fluocompactes). Justement… Il devient d'autant plus urgent de se questionner sur leur utilisation et leur réglementation. ▮

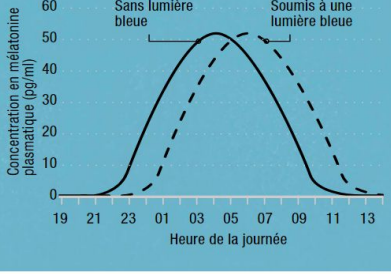


2 Néfaste pour les yeux, en particulier des plus jeunes

Une exposition de longue durée à la lumière bleue peut conduire à une baisse de la vision. Cette toxicité touche surtout les jeunes de moins de 20 ans car leur cristallin, en cours de développement, est trop clair et filtre mal la lumière bleue. Une personne de 60 ans a un taux de filtrage deux fois supérieur à une personne de 20 ans. L'Anses recommande l'achat de LED avec une température de couleur (indicateur de la quantité de lumière bleue) faible : autour de 3 000 K.

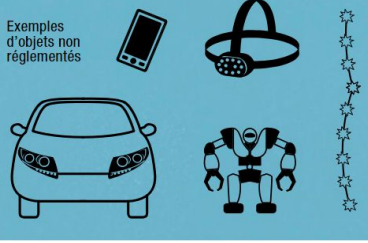
4 Utilisées le soir, elles décalent l'heure de l'endormissement

Même faible, l'exposition à la lumière bleue des LED le soir est interprétée par notre cerveau comme un signal de lumière du jour. Il bloque alors la production de mélatonine, l'hormone du sommeil, et retarde l'endormissement. Les écrans sont les premiers incriminés.



5 Trop peu d'objets sont soumis à une réglementation

Aujourd'hui, seules les ampoules sont soumises à une norme européenne. Elles sont classées soit dans le groupe 0 (sans risque, exposition illimitée), ou le groupe 1 (risque faible, 3 heures d'exposition maximum). En revanche, il n'y a pas de réglementation pour les autres objets contenant des LED, dont certains présentent pourtant un risque plus élevé, dès 100 secondes d'exposition.



SOURCE : ANSES, 2019

L'éthylotest antidémarrage se généralise en France

L'EAD est un appareil dans lequel on souffle avant de démarrer et qui bloque la voiture si on a trop bu. Testé dans plusieurs départements depuis 2017, il est désormais proposé comme une alternative au retrait de permis…

PAR **JEAN-BAPTISTE VEYRIERAS**

1 035

C'est le nombre de personnes tuées sur la route en 2017 dans des accidents impliquant un conducteur dont l'alcoolémie était supérieure aux seuils autorisés.

F.TANNEAU/AFP

UN TEST EN DEUX TEMPS

Contrôle n°1 : le conducteur souffle dans l'éthylotest antidémarrage (EAD). Si son taux est inférieur à 0,25 mg/l d'air expiré (0,5 g/l de sang), la voiture démarre. Contrôle n°2 : entre 5 et 30 min après. Équiper sa voiture pendant au moins 6 mois permettra à une personne sanctionnée pour un premier état d'ivresse (> à 0,8 g/l de sang) de garder son permis.

UN PRIX (TROP) ÉLEVÉ

"Il faut compter entre 1 500 et 2 000 € pose comprise, ou entre 150 et 200 € par mois en location", rappelle Pierre Chasseray, délégué général de 40 millions d'automobilistes. Ce qui pourrait être dissuasif. L'EAD raterait du coup l'un de ses objectifs premiers : éviter de perdre son travail en perdant son permis, au risque d'amplifier le problème lié à l'alcool.

UNE EFFICACITÉ À NUANCER

Plusieurs études internationales ont montré que l'EAD réduisait les risques de récidive : *"En France, nous avons observé une baisse de 26 à 35 %*, gage Jean-Pascal Assailly, expert pour le Conseil national de la Sécurité routière. *Mais quand l'obligation est levée, le risque ré-augmente."* Et d'évoquer un suivi médico-psychologique en parallèle.

UN RISQUE DE CONTOURNEMENT

La possibilité d'utiliser le véhicule de son conjoint, des bombes à souffle ou de désactiver manuellement le dispositif (*"des manuels sont en libre accès sur internet"*, déplore Pierre Chasseray) sont autant de possibilités de s'affranchir de l'EAD. *"Ce serait plus efficace avec un monitoring des données en continu"*, suggère le spécialiste de 40 millions d'automobilistes.

À L'OCCASION DU 50e ANNIVERSAIRE DE L'HOMME SUR LA LUNE

SCIENCE & VIE VOUS OFFRE… LA LUNE

Offre réservée à nos abonnés

Il y a 50 ans, le 21 juillet 1969, Neil Armstrong et Buzz Aldrin marchaient sur la Lune. La Nasa réussissait cet exploit incroyable de propulser des humains hors de notre atmosphère pour les poser en douceur sur le sol d'un autre astre que la Terre.

Pour célébrer cet anniversaire, nos spécialistes Mathilde Fontez et Serge Brunier vous donnent rendez-vous sur notre site internet* réservé à nos abonnés :

https://www.science-et-vie.com/on-a-marche-sur-la-lune

Chaque jour, à partir de midi, vous y découvrirez une de leurs

50 chroniques lunaires

Réalisées en vidéo, elles sont autant de petites histoires insolites ou méconnues qui en disent long sur la démesure du projet Apollo.

Vidéos au sommaire

2 juin 16 juillet 1969 : le grand départ…
3 juin D'où vient la Lune ?
4 juin Apollo 10 : la frustration finale
5 juin Qui sera le premier ?
6 juin Apollo : l'incroyable effort américain
7 juin Notre Lune est exceptionnelle !
8 juin Qui est le premier ? Jules Verne, Tintin ?
9 juin Premier alunissage
10 juin Spoutnik, Gagarine : la guerre est déclarée
11 juin Apollo 9 : la répétition générale !
12 juin Von Braun rêve de Lune dans un camp de concentration
13 juin D'autres Lune dans l'Univers ?
14 juin Le paradoxe de 2001, Kubrick
15 juin L'avenir de la Lune : que va-t-elle devenir ?
16 juin N1, l'impossible fusée géante russe
17 juin La face cachée, un paradis d'astronome
18 juin Le choc d'Apollo 8 et la Terre, fragile bulle cosmique
19 juin Après la Lune… Mars ?
20 juin Saturn 5 : la géante jamais égalée…
21 juin 12 hommes, 70 sondes… L'exploration de la Lune en chiffres
22 juin Apollo aujourd'hui ? Impossible
23 juin Complot : l'homme a-t-il vraiment marché sur la Lune ?
24 juin Un petit train spatial (Saturn, LEM, etc.)
25 juin De l'eau sur la Lune
26 juin Apollo 1 : le seul drame du programme Apollo
27 juin En fait, la Terre a deux lunes !
28 juin Apollo 13 : l'échec ravive la flamme
29 juin Le paradoxe Neil Armstrong
30 juin Derrière chaque astronaute, un militaire…
1er juillet Un monde de poussière
2 juillet Contemple toi-même la Lune avec des jumelles…
3 juillet Aller chercher de l'hélium 3 sur la Lune… sérieux ?
4 juillet Alors là-haut, du coup, ça ressemble à quoi ?
5 juillet Vivre sur la Lune, une utopie ?
6 juillet John Young, un homme du XXIe siècle perdu au XXe
7 juillet Que sont devenus les échantillons lunaires ?
8 juillet Ronald Evans ou l'expérience du vide
9 juillet L'odyssée d'Apollo 17
10 juillet Apollo 12 : l'incroyable rendez-vous
11 juillet La Lune, Mars, la Lune…
12 juillet On n'arrête pas un supertanker : Navette, puis ISS…
13 juillet "Un petit pas pour l'homme…"
14 juillet Apollo 18, 19, 20, les missions sacrifiées
15 juillet Prochaine étape : une ISS autour de la Lune ?
16 juillet "Il nous reste trois Saturn 5 sur les bras !"
17 juillet Dernière heure sur la Lune
18 juillet 50 ans après : "les Russes l'avaient fait"
19 juillet 20 juillet 1969 : l'atterrissage
20 juillet On a retrouvé les traces de l'homme sur la Lune…
21 juillet 21 juillet 1969 : "une magnifique désolation"

*Pour en profiter, connectez-vous sur science-et-vie.com avec vos identifiants Kiosquemag.
S'il s'agit de votre première connexion, identifiez-vous à l'aide de votre numéro d'abonné et de votre code postal.

NASA - DR

Et aussi…

Assistez en avant-première à la projection du documentaire *Apollo 11*

à l'occasion d'une soirée exceptionnelle qui vous est réservée en tant qu'abonné. Réalisé à partir d'images inédites, ***Apollo 11*** vous plonge en immersion aux côtés des astronautes à la conquête de la Lune.

Une aventure que vous pourrez vivre sur écran géant

Le 4 juillet à 19 h 30
au Pathé La Villette en IMAX (Paris 75019)

Le visionnage sera suivi d'un débat ouvert avec les spécialistes de notre rédaction.
Plus de 250 invitations sont disponibles.
Alors si vous voulez participer à cet événement, envoyez vite votre demande, avant le 2 juillet à l'adresse mail suivante :
apollo11@science-et-vie.com.
(2 invitations par abonné et dans la limite des places disponibles)

Futur

Science & société

JUILLET 2019

CORÉE DU SUD

FRANCE

ÉTATS-UNIS

JAPON

MELIKE ALTINISIK ARCHITECTS

SÉOUL
(CORÉE DU SUD)

Le musée de la robotique sera construit... par des robots

Pour le cabinet turc Melike Altinisik Architects choisi pour construire le futur musée de la robotique de Séoul, il ne pouvait en être autrement : l'édifice sera bâti en grande partie par des robots. Pas seulement des machines qui imprimeront du béton en 3D, comme cela se fait déjà, mais des bras robotisés qui assembleront, souderont et poliront les panneaux métalliques de la façade incurvée de 21 m de hauteur, tandis que des drones inspecteront le chantier. L'objectif en arrière-plan est, bien sûr, d'économiser du temps et de l'argent durant le chantier. Mais faire appel à ces robots de construction permettra également de mettre en valeur toutes les possibilités de la robotique actuelle avant même que le musée ne soit ouvert. Une sorte de première exposition grandeur nature pour les visiteurs, qui pourront ensuite tester sur place d'autres machines et d'autres technologies comme l'intelligence artificielle ou la réalité augmentée. La construction du musée devrait s'échelonner sur 2020-2022. L.B.

CRÉDIT & ASSURANCE

VOUS CHERCHEZ LE MEILLEUR TAUX ?

300 agences pour vous accompagner

meilleurtaux.com

1 000 experts en agences à distance

Un crédit vous engage et doit être remboursé. Vérifiez vos capacités de remboursement avant de vous engager.

Aucun versement, de quelque nature que ce soit, ne peut être exigé d'un particulier avant l'obtention d'un ou plusieurs prêts d'argent. Pour tout prêt immobilier, l'emprunteur dispose d'un délai de réflexion de 10 jours ; l'achat est subordonné à l'obtention du prêt, s'il n'est pas obtenu, le vendeur doit lui rembourser les sommes versées. Meilleurtaux, 36 rue de Saint-Pétersbourg 75008 Paris, société par actions simplifiée au capital de 1 000 000 €, RCS Paris n°424 264 281. Courtier, Mandataire non-exclusif et Mandataire d'intermédiaire en Opérations de Banque et Services de Paiement - Intermédiaire en assurance - ORIAS n° 07 022 955 (www.orias.fr). Sous le contrôle de l'ACPR, 4 place de Budapest 75436 Paris Cedex 09 (www.acpr.banque-france.fr).
Listes des agences franchisées – commerçants indépendants – et des partenaires consultables sur meilleurtaux.com.

Futur

Science & société

JUILLET 2019

CORÉE DU SUD

FRANCE

ÉTATS-UNIS

JAPON

MELIKE ALTINISIK ARCHITECTS

SÉOUL
(CORÉE DU SUD)

Le musée de la robotique sera construit... par des robots

Pour le cabinet turc Melike Altinisik Architects choisi pour construire le futur musée de la robotique de Séoul, il ne pouvait en être autrement : l'édifice sera bâti en grande partie par des robots. Pas seulement des machines qui imprimeront du béton en 3D, comme cela se fait déjà, mais des bras robotisés qui assembleront, souderont et poliront les panneaux métalliques de la façade incurvée de 21 m de hauteur, tandis que des drones inspecteront le chantier. L'objectif en arrière-plan est, bien sûr, d'économiser du temps et de l'argent durant le chantier. Mais faire appel à ces robots de construction permettra également de mettre en valeur toutes les possibilités de la robotique actuelle avant même que le musée ne soit ouvert. Une sorte de première exposition grandeur nature pour les visiteurs, qui pourront ensuite tester sur place d'autres machines et d'autres technologies comme l'intelligence artificielle ou la réalité augmentée. La construction du musée devrait s'échelonner sur 2020-2022. L.B.

Le toit de Parc Expo va accueillir une méga ferme urbaine

Au printemps prochain, une ferme d'environ 14 000 m² (soit 2 terrains de foot) surplombera un pavillon du Parc Expo de la porte de Versailles. Pilotée par Viparis et Culture en ville, elle alimentera les habitants du sud de Paris et des communes limitrophes (distribution, restaurations collectives…). Une vingtaine de maraîchers produiront plus de 1 000 fruits et légumes d'une trentaine d'espèces par jour. La ferme offrira aussi de nombreux services : location de potagers, visites pédagogiques, ateliers pour les entreprises. **E.T.-A.**

PARIS FUTUR - NASA

EDWARDS (CALIFORNIE)

Vol test d'un drone géant chargé de diffuser la 5G partout

Voici Hawk 30, un drone géant propulsé par 10 moteurs électriques, alimentés grâce à un jeu de panneaux solaires. Actuellement en test au Centre de recherche de vol Armstrong en Californie, il est en train de réaliser un vol inaugural prévu pour durer trois mois à une altitude d'environ 20 km. Sa mission : permettre à la Nasa de diffuser sur terre, et depuis le ciel, des données en 5G, y compris dans les zones les plus reculées. Fruit d'un partenariat entre SoftBank et AeroVironment, il s'agit pour le moment d'un concept à l'essai. **E.T.-A.**

Communication avec les extraterrestres

C'EST PARTI !

Un nouveau message a déjà été envoyé. Et deux autres vont suivre ! Coup sur coup, la Terre a décidé de relancer la communication avec d'éventuels extraterrestres. C'est que la découverte des exoplanètes a totalement changé la donne : au lieu d'être diffusés au hasard dans l'espace, les messages à E.T. sont envoyés en direction de cibles très précises, vers des planètes "habitables", là où ils ont le plus de chances d'être captés. Ce dont s'inquiètent justement certains : et s'il ne fallait surtout pas communiquer avec des êtres dont on ne sait rien ?

PAR BENOÎT REY

64
LES TROIS MESSAGES D'UNE NOUVELLE ÈRE

68
Comment parler avec E.T. ?

72
Trente-deux messages ont déjà été envoyés

76
EST-CE VRAIMENT UNE BONNE IDÉE ?

PHOTOMONTAGE VALÉRIE SAMUEL D'APRÈS SHUTTERSTOCK

BACKYARD PRODUCTIONS / ALAMY STOCK PHOTO/HEMIS

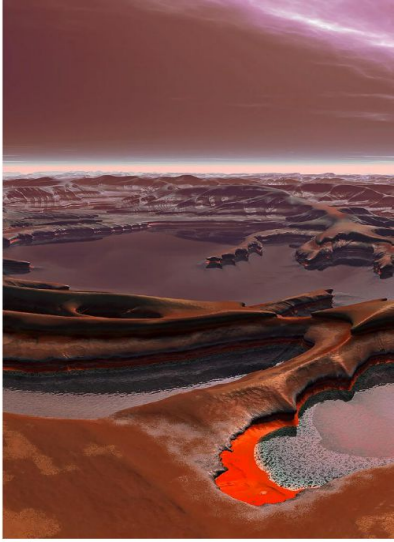
UN AUTRE MESSAGE EST DÉJÀ EN PRÉPARATION

Enfouie au cœur de la jungle portoricaine, l'antenne d'Arecibo est la plus puissante du monde. C'est d'ici que fut envoyé à d'hypothétiques extraterrestres, en novembre 1974, le tout premier message. Pour fêter ses 45 ans, Alessandra Abe Pacini, l'une des radioastronomes de l'observatoire, a lancé un concours à destination des jeunes du monde entier. Répartis en équipes, les candidats devront imaginer un message, de sa conception jusqu'à sa transmission. Cible, forme, contenu… *"Aucune de ces questions n'a de réponse toute faite, voilà pourquoi nous laissons carte blanche à nos participants"*, explique-t-elle. La quarantaine d'équipes sélectionnées est aujourd'hui au travail. Leurs messages seront jugés sur leur originalité et leur universalité par un panel de scientifiques, de communicants et de professeurs. Le message vainqueur sera annoncé le 23 septembre, jour de l'équinoxe. Son envoi pour l'anniversaire sera alors discuté. Pour l'instant, les financeurs de l'antenne ont dit non. *"Mais j'espère que le message vainqueur sera assez bon pour les convaincre qu'il vaut la peine d'être envoyé"*, précise Alessandra Abe Pacini.

ET UN TROISIÈME DEVRAIT BIENTÔT SUIVRE

Une succession de bips dans 3 fréquences radio, sortes de pixels de 3 couleurs qui, agencés dans l'ordre sur une grille en 2D, révéleront le dessin… du tableau de Mendeleïev! Le tout suivi d'informations codées sur les propriétés desdits éléments chimiques, sur le nombre d'Avogadro, les températures de fusion… C'est le nouveau message conçu par Douglas Vakoch, l'un des spécialistes mondiaux de la communication extraterrestre. *"J'ai pensé au tableau périodique car nous fêtons ses 150 ans d'existence, et parce qu'on s'attend à ce que la composition chimique de l'Univers soit quelque chose d'universel"*, raconte-t-il, prévoyant de l'expédier en décembre prochain. Reste à trouver l'antenne pour le transmettre et la cible. Une chose est sûre, ce sera vers une naine rouge, le type d'étoile le plus représenté dans notre région de la Voie lactée. Et on pense qu'elles ont de grandes chances d'abriter des planètes habitables. *"Nous nous concentrerons sur les plus proches,* détaille le chercheur, *car il s'agit cette fois de tester expérimentalement l''hypothèse du zoo', selon laquelle les extraterrestres existent et nous connaissent."*

∨ Les impulsions radio dessinent le tableau de Mendeleïev (en rouge les numéros atomiques).



B.BELLANGER AVEC M.MANCINI - VUES D'ARTISTES D'APRES LES DONNEES SCIENTIFIQUES - CALTECH/IPAC/JPL/NASA-R.HURT/T.PYLE

Sonar Calling, Arecibo, Meti. Ces trois messages sont en passe de faire entrer l'humanité dans une nouvelle ère. Le premier a été envoyé il y a un an. Les deux autres sont en train d'être élaborés. Trois équipes, trois approches pour un même objectif, totalement fou : communiquer avec des êtres dont on ne sait rien, pas même s'ils existent.

Après la ferveur presque naïve des premiers messages envoyés au petit bonheur la chance durant les années 1970, une petite communauté est en train de se constituer autour de Douglas Vakoch, le créateur, en 2015, du Meti International, une organisation intégralement dédiée à ce vaste projet. Avec cette fois, des objectifs précis.

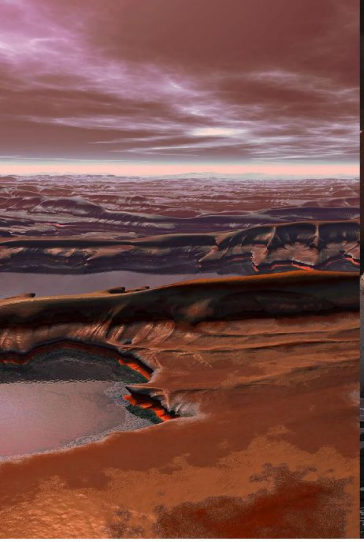
"Depuis peu, ce domaine présente un intérêt accru pour les scientifiques", confirme Florence Raulin Cerceau, historienne de l'exobiologie au Centre Alexandre-Koyré et membre du Meti. Au point qu'une synthèse est en train d'émerger : physiciens, astronomes, linguistes qui, pour la plupart, effectuent ce travail en parallèle de leurs recherches académiques, ont mis un coup de pied dans le fatras d'interrogations, de spéculations, de contradictions qui sous-tend cette discipline. Sous quelle forme envoyer le message ? Que dire ? Dans quel langage ? Pour quels destinataires ? Et comment donner à ceux-ci les moyens de le déchiffrer ? Ils apportent des réponses, jusqu'à dessiner les contours de la stratégie à adopter pour entrer en contact avec un éventuel E.T.

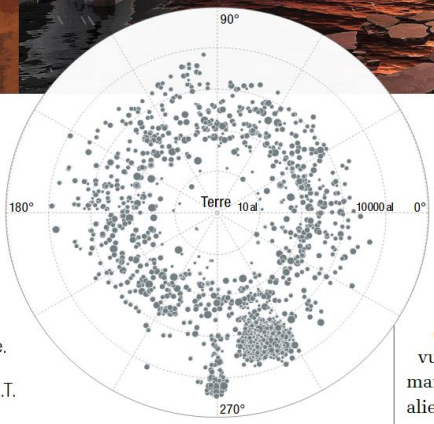
Le rêve est en fait aussi ancien que l'astronomie elle-même. Depuis que l'humain regarde le ciel, il imagine d'autres planètes sur lesquelles une vie extraterrestre pourrait exister. Des centaines d'années avant notre ère, les philosophes grecs envisageaient déjà la pluralité des mondes. Et dès le XIXe siècle, la généralisation de l'utilisation de l'électricité a donné aux physiciens, aux philosophes, aux astronomes l'envie de communiquer avec les potentiels habitants de planètes lointaines (lire la chronologie p. 71).

DES BOUTEILLES À LA MER

La solution technique est venue, au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, de l'invention des radars et des radiotélescopes. En 1959, un article de Giuseppe Cocconi et Philip Morrison pose les bases : pour communiquer entre les étoiles, le mieux est d'envoyer des ondes radio, seules capables de traverser la poussière de l'espace intersidéral. Quant à la fréquence, il se trouve que l'élément le plus abondant de l'Univers, l'hydrogène neutre, émet à 1420 MHz ; c'est donc celle-ci qui s'est imposée naturellement. Arbitraire ? Sans doute. Cela n'en devint pas moins la norme d'une discipline qui prit bientôt le nom de Seti, acronyme anglais pour "recherche d'intelligence extraterrestre", et le visage de pionniers aussi prestigieux que Franck Drake, Carl Sagan, Jill Tarter…

Un premier message fut envoyé en grande pompe en 1974, depuis l'emblématique antenne Arecibo, à Porto Rico. Depuis, ce sont une vingtaine de





AVEC LES EXOPLANÈTES, ON A ENFIN UNE CIBLE

Depuis la première en 1995, 4 071 exoplanètes ont été découvertes, dont une dizaine de taille terrestre, situées à une distance de leur étoile leur permettant d'abriter un océan d'eau liquide. Et peut-être la vie. Autant de cibles pour des messages à un potentiel E.T.

signaux qui ont été lancés ces quarante dernières années, voguant vers leur destination à la vitesse de la lumière.

Mais la ferveur de cette première ère de l'exo-communication est rapidement retombée. Car ces premiers messages sont comme des bouteilles à la mer, lancées au hasard dans l'immensité cosmique sans véritable espoir de réponse. Le message Arecibo de 1974 avait par exemple été dirigé vers l'amas Hercule, *"un amas globulaire situé à 22 200 années-lumière du Système solaire, où la quantité de métaux est si faible que la formation de planètes est limitée"*, souligne Yvan Dutil, qui a conçu le contenu de la partie encyclopédique du Sonar Calling.

Et c'est là le grand changement de ces dernières années, et même la découverte du siècle en astronomie : oui, il existe des exoplanètes. Nous autres Terriens sommes plongés au milieu d'une galaxie d'autres mondes ! On estime qu'il existe au moins une exoplanète autour de chaque étoile ; et plus de 4 000 d'entre elles ont d'ores et déjà été découvertes. Dont certaines sont à une distance de leur astre qui leur permet de bénéficier d'un climat tempéré, d'océans d'eau liquide, et qui peuvent, dès lors, possiblement abriter la vie. Autrement dit, l'humanité dispose désormais de cibles ! Elle peut diriger ses messages vers une de ces planètes habitables, en choisissant celle la plus près de la Terre, afin de minimiser le temps de trajet de la communication.

C'est ce qu'a fait Ignasi Ribas en choisissant d'envoyer le Sonar Calling vers l'étoile de Luyten, dans la constellation du Petit Chien, qui abrite GJ273b, une planète habitable, à "seulement" 12,36 années-lumière de la Terre. Pour se donner un maximum de chances, le chercheur a calculé la période à laquelle la distance Terre-Soleil est maximale vue depuis l'exoplanète (octobre et mai), pour que les hypothétiques aliens distinguent bien que le signal ne provient pas des radiations de notre étoile elle-même. Parallèlement, son collègue Jordi Portell a codé ledit message en modulation de fréquence FSK, c'est-à-dire sous la forme de deux fréquences autour de 931 MHz, chacune correspondant à un bit. *"Il existe d'autres types de modulations digitales plus élaborées et plus fiables, notamment pour communiquer avec les sondes spatiales*, reconnaît-il. *Mais j'ai choisi la plus basique pour faciliter la compréhension du message."*

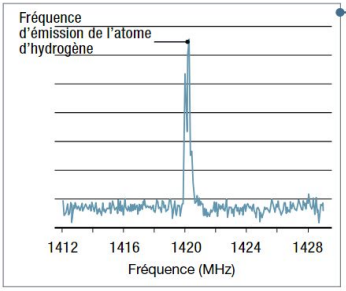
L'ingénieur a calculé qu'en poussant l'antenne au maximum, 1 000 kW, le signal devrait arriver sur GJ273b avec la même intensité qu'un signal GPS sur la Terre. Et sera donc détectable par une technologie comme la nôtre. Quant au débit binaire, la cadence à laquelle la fréquence saute entre →

POUR PARLER AVEC E.T. IL FAUT CHOISIR...

... le bon contenu

Avec quelle langue parler à un interlocuteur dont on ne sait rien ? La meilleure solution, selon les experts, est de transmettre des savoirs universels comme les mathématiques (égalités arithmétiques, figures géométriques), la chimie (le tableau périodique des éléments) ou la physique (concept de masse, d'énergie, de rayonnement). D'autres optent pour la musique, le langage artistique étant supposé lui aussi universellement compréhensible.

$$3^2 + 4^2 = 5^2$$

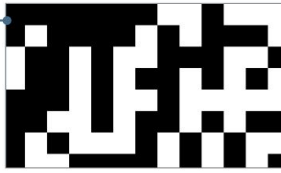


... le bon support

Une onde électromagnétique est assurément le moyen le plus rapide de communiquer. Et parmi elles, les ondes radio, capables de traverser les poussières intersidérales, se sont imposées. Dans cette gamme, ce sont les fréquences autour de 1 420 MHz (celle émise par un atome d'hydrogène lorsque son électron passe au niveau d'énergie inférieur), qui sont le plus souvent utilisées. L'hydrogène étant l'atome le plus commun dans l'Univers, les experts supposent que s'il y a d'autres intelligences, elles ont toutes les chances de regarder cette fréquence.

... le bon code

Les experts ont choisi de coder les messages à travers une suite de bits, des 0 et des 1 groupés par 8 (octet) de complexité croissante, manière d'enseigner le décodage à mesure que le code arrive. Ainsi, pour transmettre une égalité arithmétique, il suffit de faire commencer les nombres par un 1 et d'intercaler entre eux les autres signes, qui commencent par un 0. Charge aux aliens d'inférer le signe qui correspond à l'égalité, l'addition…



ses deux valeurs, il est optimisé pour que le message arrive à destination sans trop de pertes après avoir traversé l'espace sidéral : 100 bits/seconde, ce qui est beaucoup plus lent que tous les précédents messages. Pour la première fois, un message de la Terre s'est envolé avec toutes les chances d'être intégralement transmis. Pour la première fois, un message vogue vers une planète habitable. Il arrivera à destination dans un peu plus de 11 ans. Et nous pourrons commencer à guetter une réponse dans 23 ans.

Encore faut-il s'assurer qu'on se fera bien comprendre. Pour entrer dans la logique supposée des extraterrestres, ces nouveaux médiateurs de l'espace s'appuient sur les travaux du mathématicien Carl De Vito. Ce collaborateur de l'organisation Meti a en effet développé tout un langage mathématique qui consiste à égrener des paquets de 8 bits, des octets, codant des nombres, puis des opérations mathématiques de complexité croissante. De l'addition à la racine carrée, puis aux concepts physiques de masse, de vitesse de la lumière…

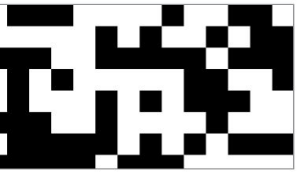
ON PARIE QUE LES ALIENS ONT DES YEUX

C'est que depuis les prémices de la discipline, la science a toujours été considérée comme le langage le plus universel pour amorcer un contact extraterrestre. *"Si une civilisation est en mesure de capter notre message, on s'attend à ce qu'elle soit capable de comprendre les opérations mathématiques de base,* explique simplement Douglas Vakoch. *On cherche ce qui est universel, et qui pourrait donc constituer un socle commun avec une intelligence extraterrestre : les lois physiques, les éléments chimiques…"*

Enfin, ces messagers de l'humanité retiennent une hypothèse supplémentaire : que les aliens aient… des yeux ! Sur une planète à l'atmosphère transparente, le sens de la vision représente en effet un avantage redoutable pour la survie. Sur Terre, 95 % des espèces en seraient dotées ; les yeux seraient apparus 40 fois de manière indépendante au cours de l'évolution ! Si l'on doit faire un pari sur l'un des organes dont E.T. serait pourvu, il est donc raisonnable de miser sur celui-là. *"Plutôt que visuel, je préfère le terme de spatial,* rectifie la linguiste Sheri Wells-Jensen, qui travaille également sur le sujet, et qui est non-voyante. *Car il est possible de représenter une grille d'informations spatiales de manière tactile ou sonore, comme il est possible de jouer aux échecs sans une représentation visuelle de la table et des pions."*

Le message préparé par Douglas Vakoch suivra scrupuleusement cette stratégie en deux temps : une longue série d'octets pour commencer, qui formeront un catalogue des caractéristiques physico-chimiques des éléments, et puis une version en 2D de la table périodique.

Seuls 13 observatoires sont capables d'envoyer un message dans l'espace.



… et le bon émetteur

N'importe quel radiotélescope ne peut pas envoyer de message vers le cosmos. Il faut qu'il soit doté d'un émetteur et qu'il soit assez puissant pour que le signal – qui s'atténue selon le carré de la distance – puisse parcourir des dizaines d'années-lumière. Il faut aussi que l'antenne soit assez grande pour bien focaliser le faisceau d'ondes. C'est le cas de 13 observatoires, dont la plupart dédiés à la communication avec les sondes spatiales.

"Désormais, ce qu'il reste à améliorer, c'est la redondance du signal", considère Yvan Dutil. À moins de le répéter plusieurs fois, il suffit que le début soit perdu en cours de route pour que les extraterrestres ne puissent plus le reconstituer. *"Dans l'idéal, il faudrait qu'il tourne en boucle en continu"*, abonde Ignasi Ribas. Le Sonar Calling a ainsi été émis 6 fois pendant 3 heures. S'il y a des habitants sur GJ273b, il faudra donc que leurs antennes soient tournées dans notre direction pile au bon moment en mars 2030 pour qu'ils le captent. Or, pour émettre sur la durée, il faut négocier du temps sur les rares radiotélescopes assez puissants pour produire un signal capable de se propager sur des années-lumière.

C'est le principal problème auquel est confronté le Meti. Et l'une des spécificités de l'époque. Faut-il consacrer du temps d'antenne pour écrire à E.T. ? N'est-il pas dangereux de vouloir entrer en contact avec une autre intelligence ? Le débat n'a jamais été aussi vif (lire p. 76). Et les observatoires rechignent à mettre à disposition leurs antennes. Ignasi Ribas a fait le tour du monde avant d'obtenir l'accord de l'Eiscat en Norvège : *"En 2017, nous avons démarché la plus puissante antenne de la Nasa, en Australie, et trouvé porte close. Nous nous sommes rabattus sur l'ESA, qui s'est montrée coopérative, avant de se rétracter soudainement."* Douglas Vakoch, lui, n'a pas encore trouvé d'antenne pour son message dont l'envoi est prévu en décembre. Quant à Arecibo, qui héberge l'initiative Arecibo Challenge, il n'a pour l'instant toujours pas donné l'autorisation d'envoyer le message.

Tout est prêt : les cibles sont identifiées, les langages conçus, les messages peaufinés. Reste à sauter le pas. À tendre la main. C'est toujours à la croisée des chemins que l'on hésite. Et ce coup-ci, l'humanité y est vraiment.

B. BELLANGER - M. KONTENTE

CHRONOLOGIE

300 av. J.-C.
Épicure remplit l'Univers de mondes innombrables, peuplés de *"vivants, plantes et tout autre être de nos genres"*.

1826
Carl Friedrich Gauss suggère de défricher une partie de la toundra sibérienne pour dessiner un triangle à destination des habitants de la Lune.

1869
L'inventeur Charles Cros propose à l'Académie des sciences de dialoguer avec les planètes voisines au moyen de transmissions lumineuses.

1888
Camille Flammarion dédie tout un chapitre de l'un de ses livres à la communication avec E.T.

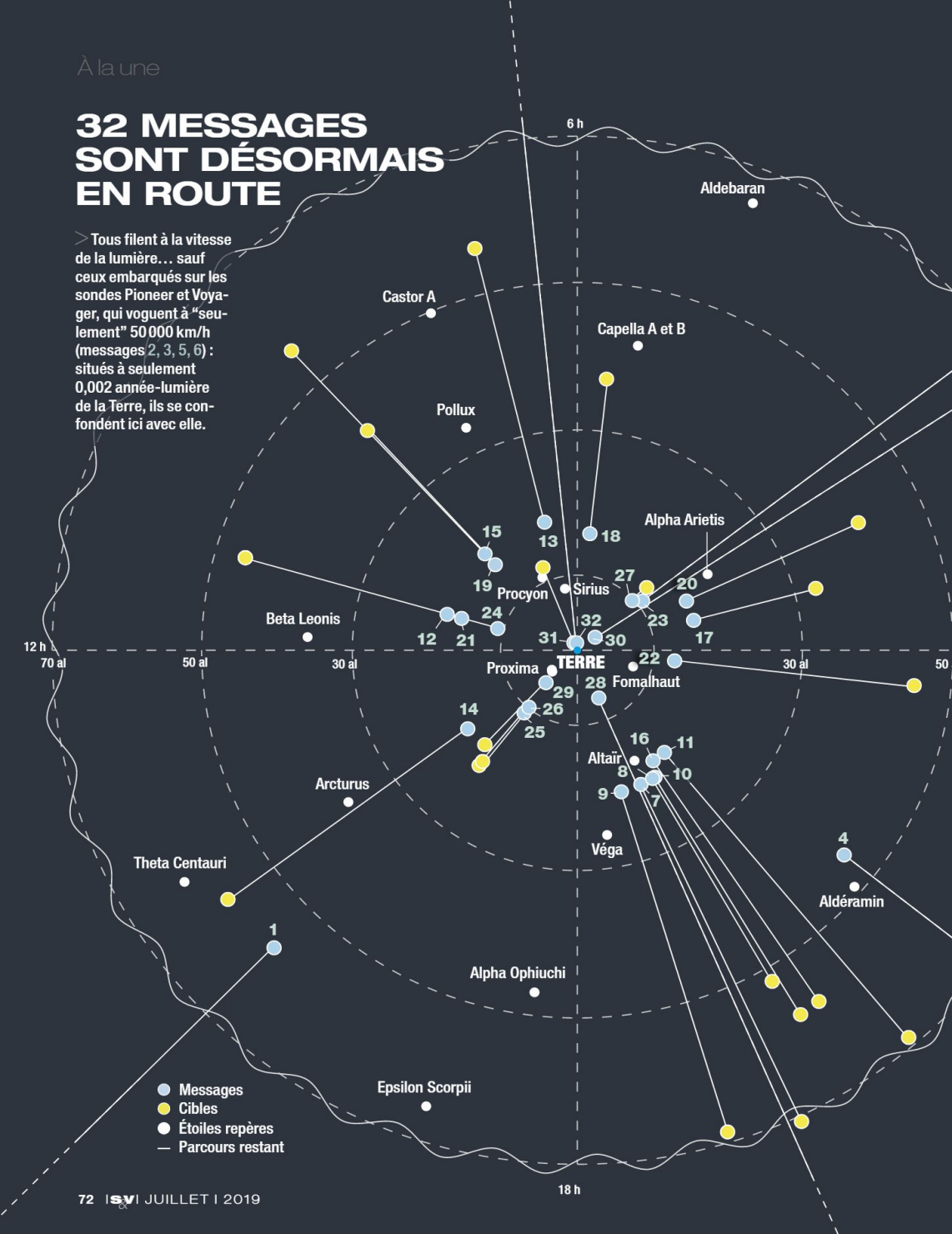
1960
Frank Drake lance la première recherche de signaux en ondes radio provenant d'un autre système stellaire. Le Seti est né.

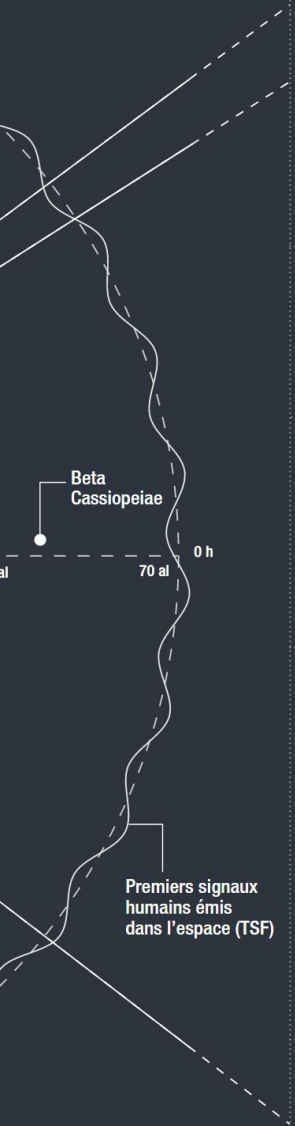
1995
Découverte de la première exoplanète.

2015
Douglas Vakoch crée Meti, une organisation dédiée à la conception et à l'envoi de messages aux extraterrestres.

32 MESSAGES SONT DÉSORMAIS EN ROUTE

> Tous filent à la vitesse de la lumière… sauf ceux embarqués sur les sondes Pioneer et Voyager, qui voguent à "seulement" 50 000 km/h (messages 2, 3, 5, 6) : situés à seulement 0,002 année-lumière de la Terre, ils se confondent ici avec elle.





MORSE MESSAGE
Eupatoria, Crimée

1. **Envoi:** 09/1962
Cible: Constellation de la Balance
Arrivée: –

PLAQUE PIONEER
Cap Canaveral, Floride

2. **Envoi:** 3/03/1972
Cible: –
Arrivée: –

3. **Envoi:** 06/04/1973
Cible: –
Arrivée: –

MESSAGE ARECIBO
Arecibo, Porto Rico

4. **Envoi:** 16/11/1974
Cible: Amas d'Hercule M13
Arrivée: 22155

GOLDEN RECORD VOYAGER
Cap Canaveral, Floride

5. **Envoi:** 5/09/1977
Cible: –
Arrivée: –

6. **Envoi:** 20/08/1977
Cible: –
Arrivée: –

COSMIC CALL 1
Eupatoria, Crimée

7. **Envoi:** 24/05/1999
Cible: HD 186408
Arrivée: 2069

8. **Envoi:** 30/06/1999
Cible: HD 190406
Arrivée: 2057

9. **Envoi:** 30/06/1999
Cible: HD 178428
Arrivée: 2067

10. **Envoi:** 1/07/1999
Cible: HD 190360
Arrivée: 2051

TEEN AGE MESSAGE
Eupatoria, Crimée

11. **Envoi:** 29/08/2001
Cible: HD 197076
Arrivée: 2070

12. **Envoi:** 3/09/2001
Cible: HD 95128
Arrivée: 2047

13. **Envoi:** 3/09/2001
Cible: HD 50692
Arrivée: 2057

14. **Envoi:** 3/09/2001
Cible: HD 126053
Arrivée: 2059

15. **Envoi:** 4/09/2001
Cible: HD 76151
Arrivée: 2057

16. **Envoi:** 4/09/2001
Cible: HD 193664
Arrivée: 2059

COSMIC CALL 2
Eupatoria, Crimée

17. **Envoi:** 6/07/2003
Cible: HIP 4872
Arrivée: 2036

18. **Envoi:** 6/07/2003
Cible: HD 245409
Arrivée: 2040

19. **Envoi:** 6/07/2003
Cible: HD 75732
Arrivée: 2044

20. **Envoi:** 6/07/2003
Cible: HD 10307
Arrivée: 2044

21. **Envoi:** 6/07/2003
Cible: Chalawan
Arrivée: 2049

CNES COSMIC CONNECTION
Station d'Issus-Aussaguel, France

22. **Envoi:** 30/09/2006
Cible: Gamma Cephei
Arrivée: 2051

ACROSS THE UNIVERSE
Deep Space Network, Espagne

23. **Envoi:** 4/02/2008
Cible: Étoile Polaire
Arrivée: 2439

DORITO
EISCAT, Norvège

24. **Envoi:** 12/06/2008
Cible: 47 Ursae Majoris
Arrivée: 2054

A MESSAGE FROM EARTH
Eupatoria, Crimée

25. **Envoi:** 9/10/2008
Cible: Gliese 581
Arrivée: 2029

HELLO FROM EARTH
Canberra DSCC, Australie

26. **Envoi:** 28/08/2009
Cible: Gliese 581
Arrivée: 2029

RUBISCO STARS
Arecibo, Porto Rico

27. **Envoi:** 7/11/2009
Cible: Étoile de Teegarden
Arrivée: 2021

WOW! REPLY
Arecibo, Porto Rico

28. **Date Envoi:** 15/08/2012
Cible: M55
Arrivée: 17593

LONE SIGNAL
Jamesburg Earth Station, Etats-Unis

29. **Envoi:** 10/07/2013
Cible: Gliese 526
Arrivée: 2031

A SIMPLE RESPONSE TO AN ELEMENTAL MESSAGE
Deep Space Antenna, Espagne

30. **Envoi:** 10/10/2016
Cible: Étoile Polaire
Arrivée: 2447

SONAR CALLING
EISCAT, Norvège

31. **Envoi:** 16/05/2018
Cible: GJ 273
Arrivée: 2030

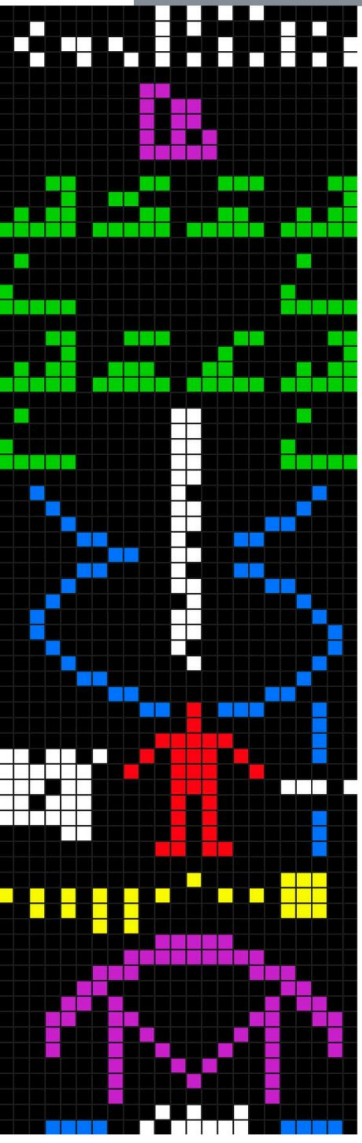
HOMMAGE À S. HAWKING
Deep Space Antenna, Espagne

32. **Envoi:** 15/06/2018
Cible: 1A 0620-00
Arrivée: 5518

B.BELLANGER

COMMENT LA TERRE S'ADRESSE AUX E.T.

4 MESSAGE ARECIBO : LE PRÉCURSEUR



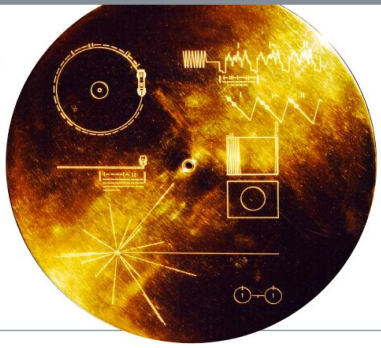
En haut, les chiffres de 1 à 10. En vert, les formules chimiques des nucléotides de l'ADN. En bleu, sa structure en double hélice. Puis la silhouette d'un être humain. Et en bas, en violet, un dessin stylisé de l'antenne d'Arecibo, d'où ce premier message radio a été émis le 16 novembre 1974. Pour qu'apparaissent tous ces motifs, les hypothétiques extraterrestres devront penser à poser les impulsions radio qu'ils capteront sur une grille en 2D… Mais ce n'est pas pour tout de suite : le message envoyé vers le grand amas Hercule arrivera à destination dans plus de 22 000 ans ! Et il est déjà obsolète : le Système solaire, en jaune, représente Pluton qui n'est pourtant plus considérée comme une planète. Et la population mondiale, en blanc, à gauche du bonhomme, n'indique que 4,3 milliards d'êtres humains. Qu'importe, l'objectif de ses créateurs était avant tout d'amorcer une réflexion sur la conception de messages intersidéraux. Pari réussi : tous les suivants s'en inspireront.

7 COSMIC CALL : LE PLUS

Seize heures d'émission en 1999, puis quinze en 2003. Les Cosmic Call 1 et 2 reprennent le principe du message d'Arecibo, en le poussant à l'extrême : un message pictural de 370 967 bits, pour 23 pages d'une encyclopédie sur l'être humain. La première introduit la numération, selon un langage mathématique inventé par les Canadiens Yvan Dutil et Stéphane Dumas : d'abord les chiffres de 0 à 9 sous trois formes différentes, séparées par un signe que les aliens doivent comprendre comme étant un =. Puis les dizaines : 10, 11, 12, 14, et 20. Ensuite, sur trois lignes, la suite des nombres premiers jusqu'à 89. Enfin, tout en bas, le nombre premier le plus grand connu en 1999 : $2^{3021377}$-1. Ces glyphes extravagants ont été pensés pour résister à la dégradation du signal entre l'émetteur et la planète cible : même s'il en manque un morceau, un 8 ne peut pas passer pour un zéro, par exemple. S'ensuivent quatre autres pages de mathématiques, sept de

5 GOLDEN RECORD : LE PLUS CÉLÈBRE

C'est l'un des premiers messages jamais envoyés, et pourtant il vient à peine de franchir les portes du Système solaire. Car il n'est pas lumineux, mais matériel : deux disques d'or de 30 cm, embarqués chacun sur Voyager 1 et 2, les sondes jumelles d'exploration de notre Système parties en 1977. Ils sont pleins à craquer d'informations sur l'humanité : une bande sonore des bruits de la Terre, des sa-



COMPLET

physique, cinq de présentation de la Terre, quatre de biochimie et d'anatomie humaine, puis une de cosmologie. Le Cosmic Call s'achève en beauté : c'est le seul de tous les messages qui demande explicitement une réponse à ses destinataires. La 23e page conclut : *"Voici donc ce que nous sommes, qu'en est-il de vous ? De quoi est composée votre planète ? Quelle est votre masse ? Quelle est votre taille ?"*

29 LONE SIGNAL : LE PLUS INTELLIGIBLE

Changement de tactique : le Lone Signal envoyé en 2013 ne présume pas que les aliens sont capables de lire une grille en 2D. Le message est codé en octets qui déroulent des concepts mathématiques et présentent le Système solaire : sa localisation par rapport à des pulsars et au trou noir du centre de la Voie lactée, ainsi que les caractéristiques des planètes. Il fut envoyé depuis une antenne californienne, grâce au financement d'internautes qui ont eu le droit d'y ajouter une phrase de 144 caractères – des textos symboliques que le responsable du projet reconnaît comme impossibles à décrypter. En revanche, la partie scientifique, elle, a été particulièrement soignée : son concepteur l'a même testée, en envoyant une version incomplète à une collègue pour simuler la dégradation du signal dans l'espace… Et la chercheuse est parvenue à le déchiffrer !

```
( Uranus =
  (
    ( m = * ( * ( 3 . 99042 , ^ ( 10 , 33 ) ) , m_pl ) )
    ( T = * ( * ( 5 . 36426 , ^ ( 10 , -31 ) ) , T_pl ) )
    ( r <= * ( * ( 1 . 58137 , ^ ( 10 , 42 ) ) , l_pl ) )
    ( r >= * ( * ( 1 . 54512 , ^ ( 10 , 42 ) ) , l_pl ) )
    ( semimaj_a = * ( * ( 1 . 77985 , ^ ( 10 , 47 ) ) , l_pl )
    ( ecc = 0 . 04717 )
    ( year = * ( * ( 4 . 93586 , ^ ( 10 , 52 ) ) , t_pl ) )
    ( day = * ( * ( 1 . 1512 , ^ ( 10 , 48 ) ) , t_pl ) )
    ( Orbits ( Sun ) )
  )
)
```

lutations dans 55 langues, des morceaux de musique, des formules mathématiques, et 115 images sélectionnées par l'artiste Jon Lomberg montrant des paysages, des scènes du quotidien toujours très positives. Aucune scène de guerre, aucun champignon atomique… N'y a-t-il pas un risque que les extraterrestres nous confondent avec les Bisounours ? *"C'est une des décisions les plus controversées que nous ayons prises, à l'époque on a été très critiqués pour cela,* se souvient John Lomberg. *Mais nous voulions laisser une image optimiste de l'humanité, car quand ce message sera reçu, nous serons tous morts depuis longtemps."* S'il est reçu un jour… Coryn Bailer Jones, du Max-Planck Institute for Astronomy vient de calculer la trajectoire précise des sondes au cours des prochains millions d'années : elles ne passeront pas à moins d'une année-lumière de la moindre étoile avant des dizaines de milliers d'années.

ET AUSSI…

1. LE PLUS LOINTAIN
Les mots "MIR" ("paix" et "monde" en russe) et "URSS", codés en morse et envoyés vers Vénus en 1962, se dirigent aujourd'hui vers la constellation de la Balance.

23. LE PLUS LOUPÉ
Un morceau des Beatles envoyé par la Nasa vers l'étoile Polaire en 2008… mais sans l'algorithme de décompression.

24. LE PLUS COMMERCIAL
Une vidéo publicitaire pour une marque de chips émise telle quelle vers l'étoile Chalawan.

32. LE PLUS CONTRADICTOIRE
Un enregistrement de la voix de Stephen Hawking envoyé en hommage après sa mort avec l'accord de sa fille… même s'il a consacré la fin de sa vie à mettre l'humanité en garde contre l'envoi de tels messages !

LES PLUS MYSTÉRIEUX
Deux messages, partis du Japon dans les années 1980, sur lesquels on ne sait rien. Aucune information n'a filtré en dehors de leurs noms : Altair Alpha Message et Spica Alpha Vir.

Y. DUTIL / S. DUMAS - NASA - DR

COMMUNIQUER AVEC E.T.

EST-CE VRAIMENT UNE BONNE IDÉE ?

Alors que tout est fait pour entrer en contact avec des E.T., des scientifiques – et non des moindres – s'inquiètent du danger pour l'humanité de se faire connaître d'autres mondes. Et protestent que des messages soient envoyés sans concertation démocratique, alors que cette décision nous engage tous.

"C'est pseudoscientifique, antidémocratique, contraire à l'éthique, potentiellement catastrophique." Les mots de John Gertz à propos des programmes d'envoi de messages aux extraterrestres ne peuvent pas être plus durs. L'un des anciens dirigeants du Seti Institute encourage à poursuivre les écoutes de signaux radio en provenance des étoiles dans l'espoir d'y capter le signal d'une autre intelligence, mais rejette énergiquement l'idée d'y envoyer des messages.

Et il n'est pas le seul. Ces dernières années, de nombreuses personnalités – de feu l'astrophysicien Stephen Hawking en particulier – ont pris la parole pour exhorter l'humanité au silence. Jusqu'à signer une lettre ouverte, il y a quatre ans, pour réclamer que chaque transmission de message dans l'espace soit précédée d'une délibération scientifique, politique et humanitaire au niveau mondial. *"Qui sont ces gens qui se permettent de parler au nom de toute l'humanité ? De quel droit cette demi-douzaine de radioastronomes obsessionnels prend-elle une décision qui mettra peut-être nos descendants devant le fait accompli, refusant obstinément d'en discuter au préalable ?"* résume, en colère, David Brin, astronome au Seti et signataire de la lettre.

NI LOIS NI TRAITÉS

De fait, le droit… ils l'ont : l'envoi de message dans l'espace n'est régulé par aucun traité. Rien n'interdit à un État, une entreprise ou un particulier, d'envoyer une pub racoleuse ou une déclaration de guerre vers nos étoiles voisines… *"Meti fait partie des rares sujets qui concerne chaque personne sur Terre, au même titre que le changement climatique ou les armes nucléaires, et qui exigerait que l'humanité parvienne à un consensus. Ce qui est loin d'être le cas aujourd'hui"*, observe Florence Raulin Cerceau, historienne de l'exobiologie. L'Union internationale d'Astronomie, l'organisme chargé, par exemple, de nommer les corps célestes, n'a ouvert aucun groupe de travail sur le sujet. L'ONU non plus, bien que son Bureau des affaires spatiales se soit notamment emparé de la question des chutes d'astéroïdes.

Le boum technique et financier de l'écoute des extraterrestres

Depuis les années 1990, de nombreux programmes d'écoute se sont succédé, la plupart affiliés au Seti Institute, et tous très limités par des budgets réduits. 20 000 étoiles ont tout de même été ciblées, dans l'espoir d'y capter le signal d'une civilisation extraterrestre… sans succès. Mais depuis 2015, il y a du renfort. 100 millions de dollars auraient été réunis par l'industriel Yuri Milner dans le cadre du projet Breakthrough Listen pour détecter des signaux radio provenant d'un million d'étoiles proches, dont 1 000 situées à moins de 160 années-lumière, et les 43 plus proches de nous. Désormais, deux des plus gros radiotélescopes du monde, Green Bank (Virginie) et Parkes (Australie), consacrent respectivement 20 % et 25 % de leur temps à ces recherches. Les aliens sont plus que jamais sur écoute !

GETTY IMAGES/SCIENCE PHOTO LIBRARY/SCIEPRO

< C'est la grande inconnue ! Impossible de savoir à quoi pourraient ressembler les aliens suceptibles de recevoir nos messages… et surtout s'ils seront amicaux ou malveillants.

Résultat : le seul frein à l'envoi de messages interstellaires est aujourd'hui… la mauvaise publicité que redoutent les propriétaires des antennes. Car ce sont eux qui prennent la décision finale de l'envoi. Et vu le débat en cours, ils préfèrent souvent s'abstenir. Ainsi, en 2018, l'Agence spatiale européenne a choisi de ne pas donner suite aux demandes de transmission d'Ignasi Ribas pour son message Sonar Calling. L'ESA avait pourtant déjà envoyé des messages en 2016, et même en 2018, en hommage à Stephen Hawking – avec l'accord de sa fille. *"Oui, mais il s'agissait de transmissions purement symboliques, à l'inverse du Sonar Calling, qui portait une véritable intention de communication, tant sur le contenu que sur la cible, la puissance et la durée de transmission"*, précise Mark McCaughrean, conseiller principal de la partie Science & Exploration de l'ESA.

Car si le message arrive à bon port et qu'il y a quelqu'un pour le réceptionner, que se passera-t-il ? Les anti-Meti pointent d'abord le

danger pour les Terriens. *"En signalant notre présence, nous prenons le risque qu'une civilisation mal intentionnée qui ne nous aurait pas encore remarqués nous envoie un projectile à une vitesse proche de celle de la lumière, rempli d'un virus mortel, d'une nanotechnologie destructrice ou d'une autre arme létale qu'il nous est impossible d'imaginer"*, développe John Gertz. L'astrophysicien Michael Hippke, de l'observatoire Sonneberg, et le physicien John Learned, de l'université d'Hawaï, envisagent même que le premier message que l'on recevra soit… un virus informatique !

Pour les pro-Meti, cela est pour le moins excessif et biaisé. *"Devant cette situation inconnue, nous sommes soumis à l'influence du contexte culturel dans lequel nous baignons. Or, notre imaginaire collectif est envahi par des hordes d'aliens assoiffés de sang impatients de nous détruire – une crainte véhiculée en permanence par la fiction, à commencer par Hollywood"*, analyse leur chef de file, Douglas Vakoch, fondateur et président de Meti International. Il faut dire que les deux représentants les plus virulents du camp anti-Meti, John Gertz et David Brin, sont également producteurs de films et romancier de science-fiction… et beaucoup d'astrophysiciens ne se retrouvent pas dans leur vision catastrophiste. *"Tout ce que je sais est que nous ne savons rien, et que cette discussion est basée sur des spéculations,* considère ainsi Ignasi Ribas, qui a chapeauté l'envoi du message Sonar Calling. *Je ne pense pas que l'objectif de l'humanité soit d'envoyer un message, mais je ne pense pas non plus qu'en transmettant nous soyons en train de nous suicider."*

Tout ce que je sais, c'est que nous ne savons rien. Mais en transmettant un message nous ne sommes pas en train de nous suicider

IGNASI **RIBAS**
Astrophysicien, a dirigé l'envoi du Sonar Calling

MANÉ ESPINOSA/LA VANGUARDIA - A RYNEUS - XIAN

COLONISÉS COMME LES INDIENS ?

Devant l'inconnu le plus total, l'une des pistes est de se tourner vers l'histoire. Pour appeler au silence interstellaire, Stephen Hawking rappelait ainsi le destin des indigènes d'Amérique, décimés par dizaines de millions en quelques décennies lors de leur colonisation par les Européens… Et il y a quelques mois, lors d'un colloque des scientifiques du Seti, les deux historiens des sciences David Shorter et Kim Tallbear ont pris la parole pour sensibiliser les scientifiques du Seti comme du Meti aux travaux de l'ONU sur les droits des indigènes et sa doctrine de responsabilité de protection. *"Cette manière d'imaginer un premier contact avec une civilisation extraterrestre semble guidée par l'extraction de ressources ; or, c'est à la base du colonialisme. Il n'y a pas un seul exemple de telles*

Et si jamais ils répondaient ?

C'est prévu ! Au cas où les récepteurs radio se mettraient soudainement à grésiller anormalement, un protocole a été échafaudé dès 1989 par les chercheurs de la discipline Seti. Premièrement, s'assurer que le signal n'a pas pour origine une interférence avec un satellite ou un radar militaire, ni un phénomène d'origine naturelle, comme un pulsar ou une étoile. Ensuite, informer les Nations unies, les médias, les citoyens. Et permettre à chacun d'essayer de le décrypter. Enfin, former un consortium international qui décidera de donner suite, ou non, à la conversation, et sous quelle forme. "*Le monde a beaucoup changé depuis la proposition de ce protocole,* estime l'astrophysicien David Kipping. *Il est très probable que la nouvelle d'un signal extraterrestre fuite et embrase les réseaux sociaux avant même qu'elle ne soit confirmée par les scientifiques, ce qui pourrait prendre plusieurs années ! Il serait temps de le réviser."*

L'alien sanguinaire est un fantasme. En tant que jeune civilisation, nous aurions tout à gagner à entrer en contact dès aujourd'hui

DOUGLAS **VAKOCH**
Astrobiologiste, fondateur et président du Meti International

De quel droit une demi-douzaine d'obsessionnels prend-elle une décision qui mettra nos descendants devant le fait accompli ?

DAVID **BRIN**
Astrophysicien, membre du Seti Institute

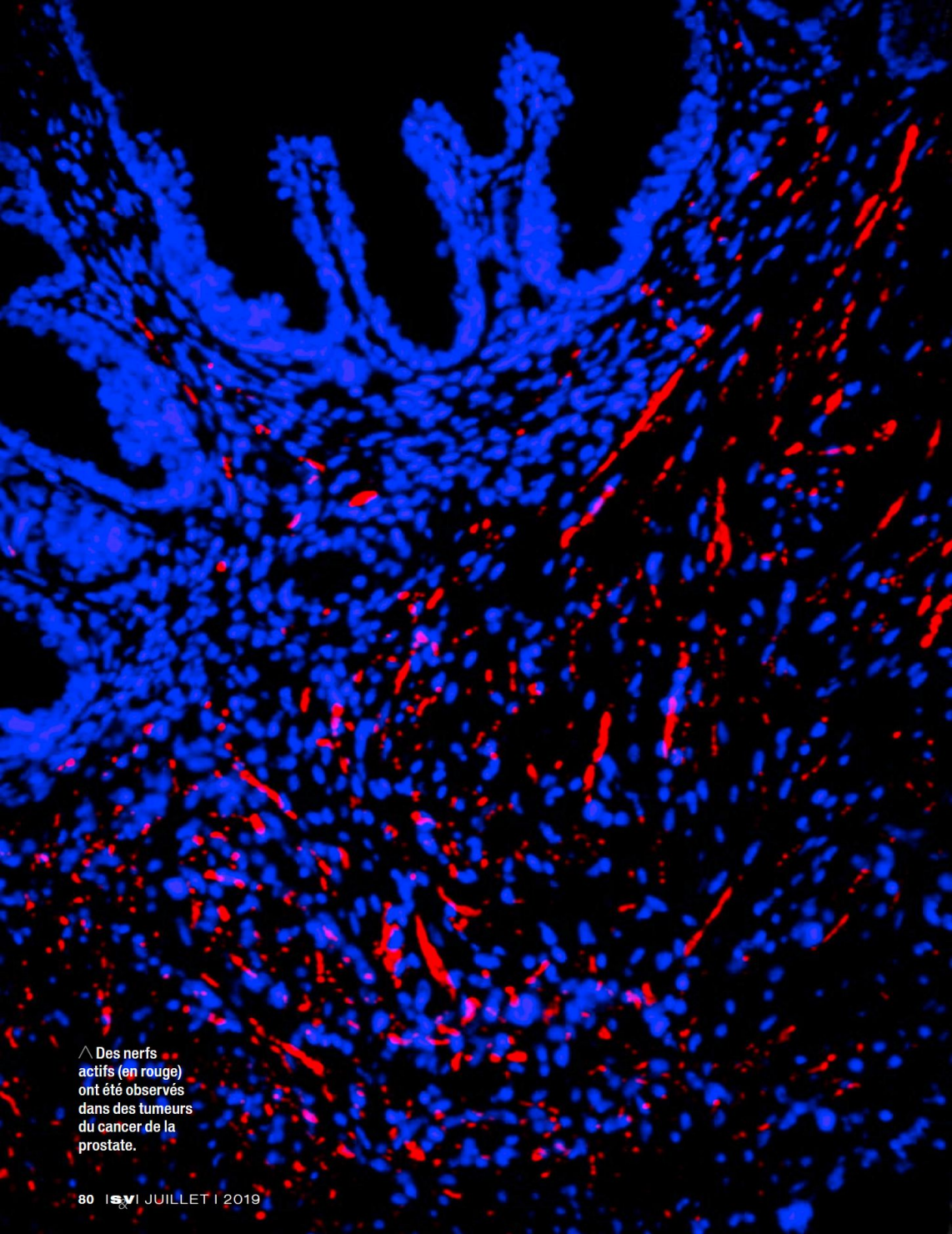
rencontres culturelles qui se soient bien terminées", ont-ils scandé.

Les pro-Meti, pour leur part, défendent la perspective d'un échange de connaissances d'une richesse insoupçonnable. En partant d'un constat : statistiquement, une civilisation extraterrestre capable de capter des ondes radio aurait toutes les chances d'être technologiquement plus avancée que nous… puisque l'âge de notre civilisation n'est rien en comparaison de celui de la Galaxie. *"En tant que jeune civilisation, nous aurions tout à gagner à entrer en contact dès aujourd'hui"*, imagine Douglas Vakoch. Avant d'ajouter : *"De toute façon, une société extraterrestre qui nous voudrait du mal nous aurait déjà repérés. Chose que semblait avoir négligée Stephen Hawking malgré tout le respect que je lui dois."* Car même sans envoyer de message, nous, Terriens faisons du bruit : depuis 70 ans, la planète bleue, à chaque émission de radio, de télé, à chaque utilisation de radars civils ou militaires, via les communications par satellite, laisse fuiter dans l'espace un flot continu d'ondes électromagnétiques. Et toute cette cacophonie forme une bulle autour du Système solaire qui s'étend à la vitesse de la lumière (voir p. 72). Selon les estimations de Claudio Grimaldi, astrophysicien à l'École polytechnique de Lausanne, elle engloberait déjà plus de 14 000 étoiles, dont 10 % auraient une planète habitable !

IMPOSSIBLE DE TRANCHER

Comment trancher un débat écartelé entre un énorme risque potentiel et une totale absence de connaissances et de consensus scientifique ? *"Dans ce genre de cas, il faut appliquer le principe de précaution"*, prône Jason Wright, astrophysicien à l'université d'État de Pennsylvanie, qui monte un centre de formation scientifique pour la recherche extraterrestre. Ce pourrait d'ailleurs être la réponse au paradoxe énoncé dès 1950 par Enrico Fermi… et toujours pas résolu depuis : pourquoi n'avons-nous pas encore reçu de signal de civilisations extraterrestres, malgré le nombre gigantesque de planètes que contient la Galaxie et ses 13,8 milliards d'années ? Peut-être qu'une civilisation ne parvient à "maturité" que si elle réussit à ne pas s'autodétruire, en apprenant à appliquer le principe de précaution… *"Peut-être qu'il y a sur chaque planète habitée un Stephen Hawking frileux qui empêche la science d'avancer, maintenant les civilisations isolées"*, ajoute Douglas Vakoch, retournant l'argument.

Le débat n'est pas près d'être tranché. Et en attendant, les messages s'envolent de plus belle…



/\ Des nerfs actifs (en rouge) ont été observés dans des tumeurs du cancer de la prostate.

Les tumeurs ont des neurones !

Parce qu'elles sont très fines, nul ne les avait repérées. Pourtant, des fibres nerveuses se cachent dans les tumeurs cancéreuses. Et elles boosteraient la maladie ! De quoi imaginer de nouveaux traitements, nous assure **Coralie Hancok.**

Si vous souffrez d'une maladie cardiaque ou d'hypertension, votre médecin vous a peut-être prescrit des médicaments qui modulent certains messages du système nerveux : ce sont les bêtabloquants. Mais voilà qu'aux États-Unis, en Chine ou en Italie, plusieurs essais cliniques sont actuellement en cours afin de tester l'efficacité de ces médicaments bien particuliers contre une toute autre maladie. Une maladie qui tue chaque année plus de 9 millions de personnes à travers le monde. Une maladie qui, *a priori*, n'a pourtant rien à voir avec les bêtabloquants. On veut parler du cancer.

De fait, rien ne semble relier ce fléau au mode d'action des carvédilol, propranolol ou nadolol. Tous ces bêtabloquants sont ce que l'on appelle des antagonistes de l'adrénaline : au niveau des terminaisons nerveuses, ils se fixent sur les récepteurs dédiés à l'adrénaline, empêchant ainsi celle-ci de transmettre son message, en l'occurrence celui d'accélérer le rythme cardiaque et la pression sanguine dans le traitement de l'hypertension et des maladies coronaires. Mais alors ? Pourquoi les tester contre le cancer ? Comment a pu naître l'idée d'utiliser contre le "crabe" des molécules qui agissent sur la transmission du message nerveux ?

Tout remonte à 2013. *"Plusieurs études épidémiologiques montrent alors que des patients sous chimiothérapie, qui, en plus, prennent des bêtabloquants pour le cœur, ont un meilleur taux de survie que les patients sous chimiothérapie seule,* raconte Hubert Hondermarck, biochimiste spécialisé dans la neurobiologie des cancers à l'université de Newcastle, en Australie. *Mais il n'y avait pas d'explications à cette observation".*

Repères

En 2018 en France, le nombre de nouveaux cas de cancers a été estimé à 382 000. Dans celui de la prostate, le plus fréquent chez l'homme, les tumeurs agressives sont difficiles à prévoir.

C. MAGNON/SCIENCE

On peut très certainement généraliser ce processus à toutes les tumeurs solides périphériques

CLAIRE **MAGNON**
Laboratoire Cancer et Microenvironnement, CEA

C. MAGNON/CEA - BRUNO BOURGEOIS

Au même moment, Claire Magnon, une chercheuse française partie travailler à la faculté de médecine Albert-Einstein de New York, publiait une étude qui va tout changer. *"Nous avons découvert, dans le cancer de la prostate, que les tumeurs sont non seulement infiltrées par des fibres nerveuses, mais que plus il y en a, plus le cancer est agressif"*, raconte-t-elle. Les tumeurs auraient donc encore quelque chose à cacher ? Les échantillons prélevés sur les malades sont disséqués depuis des lustres, les cellules cancéreuses sont observées sous toutes les coutures. L'existence d'un réseau vasculaire dédié à la tumeur est également bien connue. Mais personne n'avait imaginé que les tumeurs cachent aussi une sorte de système nerveux capable de les renforcer ! *"Les fibres nerveuses ne sont pas des nerfs, elles sont très fines et on ne peut pas les voir au microscope. Pour les déceler, il faut utiliser des techniques complexes comme l'immunofluorescence"*, répond la chercheuse.

Par ailleurs, ajoute Hubert Hondermarck, *"on savait que les cellules cancéreuses pouvaient se propager et s'installer autour de larges nerfs, on appelle cela l'invasion périneurale ; mais on pensait que ces nerfs étaient simplement otages des tumeurs"*. En réalité, le chemin inverse se produit aussi : les fibres nerveuses pénètrent les tumeurs et, surtout, elles jouent un rôle actif dans leur développement.

Comment ? Plusieurs mécanismes pourraient entrer en jeu. Mais l'un d'eux semble décisif : *"En 2017, nous avons montré que lorsqu'on bloque les signaux en provenance de ces fibres nerveuses, on empêche la formation de nouveaux vaisseaux. Or, ceux-ci sont essentiels au développement de la tumeur"*, indique Paul Frenette, de la faculté de médecine Albert-Einstein de New York. Le rôle des fibres nerveuses est donc indirect. Néanmoins, reconnaît le chercheur, *"certaines cellules tumorales sont dotées de récepteurs à l'adrénaline. Il est donc possible que les fibres nerveuses qui libèrent de l'adrénaline aient aussi une action directe sur elles"*.

Quoi qu'il en soit, quand on sectionne ces nerfs ou qu'on empêche chimiquement la propagation de leur message, la tumeur cesse de se développer ! Mieux : le rôle des fibres nerveuses diffère selon leur type. *"Les fibres adrénergiques stimulent l'initiation de la tumeur et sa croissance dans les premiers stades, tandis que les fibres cholinergiques participent à la dissémination métastatique"*, explique Claire Magnon. Depuis, d'autres études ont montré que ce scénario se produit aussi dans d'autres types de tumeurs que celles de la prostate : estomac, pancréas, sein, côlon, etc. *"On peut très certainement généraliser cela à toutes les tumeurs solides périphériques"*, avance la chercheuse.

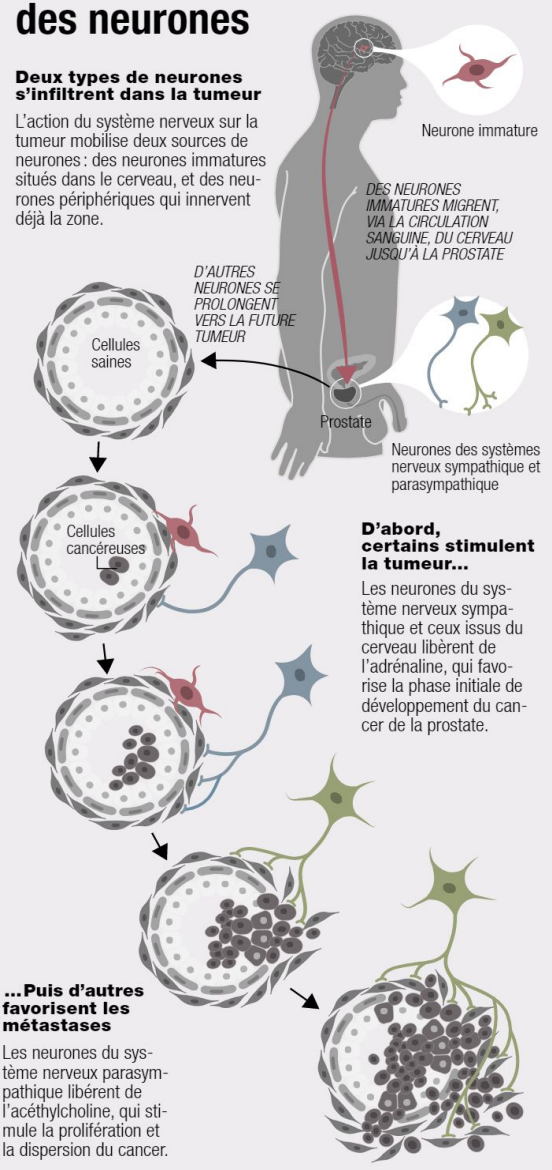
DES NEURONES ISSUS DE CELLULES SOUCHES

En mai dernier, Claire Magnon, désormais membre d'un laboratoire du CEA en France, publie une nouvelle étude, tout aussi révolutionnaire : cette fois, ce ne sont pas des fibres nerveuses, c'est-à-dire de simples prolongements de nerfs provenant de l'extérieur de la tumeur, qu'elle et son équipe ont retrouvées dans la prostate de patients affectés par le cancer, mais de nouveaux neurones, qui s'y sont formés à partir de cellules souches. *"C'est totalement stupéfiant"*, commente Paul Frenette.

D'autant plus stupéfiant que, chez l'homme, seules deux zones très particulières et très réduites du cerveau (la zone sous-ventriculaire et le gyrus denté) produisent encore, tout au long de la vie, des neurones à partir de cellules souches. Celles retrouvées dans la prostate de ces patients proviennent-elles d'une de ces deux zones ? La chercheuse a poursuivi les investigations sur des souris. Grâce à des marqueurs spécifiques des cellules souches neuronales, elle a réussi à montrer qu'elles proviennent de la zone sous-ventriculaire du cerveau. *"Nous avons découvert qu'au niveau de cette zone, il se produit une rupture de la barrière hémato-encéphalique. Les cellules progénitrices de neurones sont alors libérées dans le sang et migrent jusqu'à la tumeur, où elles se différencient en neuroblastes puis en neurones adrénergiques"*, explique Claire Magnon.

Comme toute découverte extraordinaire, celle-ci ouvre sur des questions à la fois inédites et cruciales : la rupture de la barrière hémato-encéphalique précède-t-elle voire déclenche-t-elle le cancer ? Ou, au contraire, est-elle provoquée par le cancer ? Une fois les cellules progénitrices de neurones libérées dans le sang,

Le cancer sous l'influence des neurones



Deux types de neurones s'infiltrent dans la tumeur

L'action du système nerveux sur la tumeur mobilise deux sources de neurones : des neurones immatures situés dans le cerveau, et des neurones périphériques qui innervent déjà la zone.

D'abord, certains stimulent la tumeur…

Les neurones du système nerveux sympathique et ceux issus du cerveau libèrent de l'adrénaline, qui favorise la phase initiale de développement du cancer de la prostate.

…Puis d'autres favorisent les métastases

Les neurones du système nerveux parasympathique libèrent de l'acéthylcholine, qui stimule la prolifération et la dispersion du cancer.

pourquoi et comment sont-elles attirées par la tumeur ? Et enfin, lorsqu'elles s'y sont installées et différenciées en neurones adrénergiques, comment l'adrénaline libérée par ces derniers promeut-elle le développement de la tumeur ?

Autant de questions auxquelles la recherche tente activement d'apporter des réponses. Mais en attendant, les perspectives thérapeutiques sont déjà là. À New York, un essai clinique pilote sur le cancer de la prostate est en cours avec un bêtabloquant, dont les résultats sont attendus pour 2020. *"Outre l'utilisation de bêtabloquants, on pourrait imaginer des molécules plus spécifiques des récepteurs adrénergiques, ou qui détruisent les cellules progénitrices lors de leur migration"*, indique Claire Magnon.

Autre stratégie possible : *"Empêcher les cellules nerveuses de pénétrer dans les tumeurs en bloquant les facteurs de croissance neurotrophiques pourrait s'avérer une bonne option, d'autant plus que l'industrie pharmaceutique a déjà développé des molécules capables de le faire. C'est par exemple le cas des anticorps monoclonaux anti-NGF"*, propose Hubert Hondermarck. Ceux-ci ont initialement été développés pour traiter la douleur. *De facto*, stopper l'innervation des nerfs pourrait limiter la douleur des patients souffrant de cancer. *"Outre le fait d'être potentiellement mortel, le cancer est une maladie douloureuse, en particulier lorsqu'il y a des métastases"*, rappelle Hubert Hondermarck.

Enfin, d'un point de vue plus fondamental et spéculatif, les travaux de Claire Magnon posent la question de l'influence des processus cérébraux dans le cancer. *"Tous les nerfs sont* in fine *reliés au cerveau. Quel rôle celui-ci joue-t-il alors dans le cancer ? Le stress et les émotions peuvent-ils influencer l'initiation ou le développement des tumeurs ?* interroge Hubert Hondermarck. *Chez l'homme, cela n'a jamais été démontré, mais ces travaux relancent ces questions."* Bref, dans la lutte contre le cancer, la guerre des nerfs ne fait que commencer.

À lire : les publications des résultats de Claire Magnon et une review de Hubert Hondermarck.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

Minéraux
Bienvenue dans la géodiversité

Ces dernières années, des centaines de minéraux ont été identifiés, totalement inédits ! Or, au-delà de leur beauté, ces cristaux racontent l'évolution de notre planète. À côté de la biodiversité, les géologues sont en train de découvrir une véritable "géodiversité", dont **Vincent Nouyrigat** nous dévoile les richesses.

Le cristal qui vient de la radioactivité

Cette microscopique rose des sables, l'ichnusaite, est un assemblage de thorium (radioactif) et de molybdène ; un seul spécimen a été trouvé jusqu'ici, en Sardaigne.

I. CAMPOSTRINI

H.NEUTKENS - I.CAMPOSTRINI - C.REWITZER - M.KONTENTE

Nous enregistrons, en ce moment, la découverte d'une dizaine d'espèces minérales chaque mois, souffle Cristiano Ferraris, membre de l'Association internationale de minéralogie. *Le rythme s'est beaucoup accéléré."* Difficile d'imaginer qu'un champ de recherche aussi paisible que l'étude des pierres connaisse le moindre soubresaut… Les chiffres sont pourtant éloquents : environ 180 nouveaux spécimens ont été identifiés en 2018, contre une cinquantaine en moyenne durant la décennie 2000 ; un festival de bleus extravagants, de jaunes insensés et de structures jusqu'ici inconnues.

Pourquoi une telle explosion ? Il y a d'abord la généralisation d'outils d'analyse ultra-précis, comme la spectroscopie Raman ou la diffraction des électrons radiodiffusés, qui permet de déceler des cristaux de l'ordre du nanomètre. À ces nouvelles techniques s'ajoute l'enthousiasme des géologues et autres amateurs de belles pierres prompts à explorer, parfois au péril de leur vie, des galeries de mines abandonnées ou les flancs de volcans en pleine éruption. Résultat, un pan méconnu de notre planète est en train d'être mis au jour : la géodiversité.

La géodiversité ? Comme on parle de biodiversité ? Le parallèle avec les êtres vivants paraît osé. Après tout, il ne s'agit là que d'assemblages froids et répétitifs d'atomes ! Sauf que le regard sur cette matière inerte est en train de changer : depuis maintenant dix ans, une véritable "écologie des minéraux" se développe sous l'impulsion du géophysicien américain Robert Hazen (Carnegie Institution of Science). Ces écologues d'un genre nouveau tracent des réseaux d'interactions, établissent des statistiques de population et convoitent des hauts lieux de diversité minérale comme s'il s'agissait de forêts vierges (voir ci-dessous).

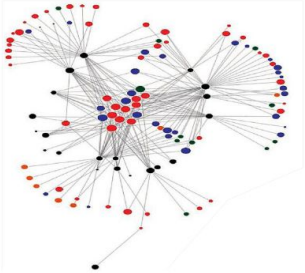
Surtout, ces pionniers commencent à reconstituer l'histoire évolutive de ces cristaux – même s'ils sont dépourvus de patrimoine génétique. Car, selon les premières analyses,

Repères

Un minéral est un solide cristallin qui résulte de la rencontre d'éléments chimiques – plus ou moins rares – dont les atomes s'agencent de manière ordonnée, périodique, et selon des axes de symétrie bien précis.

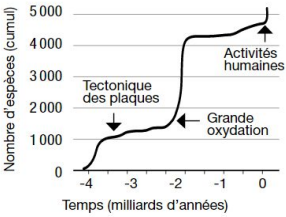
LA GÉODIVERSITÉ SE RÉVÈLE À TRAVERS…

… Des réseaux de minéraux…



Tels des écosystèmes, les minéraux peuvent s'organiser en réseaux d'interactions.

… Une histoire évolutive



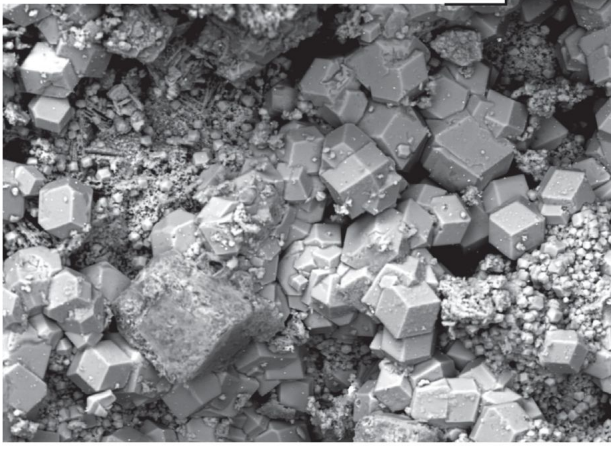
Sources : American Mineralogists, 2017 ; *Fundamentals of Geobiology*, 2012

Celui qui se met en boule

La rosasite provient de l'oxydation de filons de cuivre et de zinc : une beauté étrange que les compagnies minières croisent assez régulièrement.

Celui qui forme des cubes parfaits

Repérés au microscope électronique en 2018, ces cristaux de verneite proviennent des fumerolles de deux volcans islandais.



la Terre primordiale ne comptait qu'environ 250 minéraux basés sur une dizaine d'éléments chimiques, contre près de 5 500 identifiés à ce jour, reposant sur 72 éléments du tableau de Mendeleïev. Que s'est-il passé entre-temps ? La vie est apparue ! En effet, les ancêtres des cyanobactéries ont commencé à libérer de l'oxygène dans l'atmosphère il y a 2,4 milliards d'années, oxydant ainsi les minéraux déjà présents jusqu'à former au moins 2 000 nouvelles structures minérales.

Depuis, le vivant continue d'agir : *"Des microorganismes interviennent dans la cristallisation des oxydes de soufre, de manganèse et de fer, par exemple"*, signale Irina →

Celui qui se décompose à la lumière

La sidéronatrite est un "minéral vampire"… Il résulte de l'association rare et éphémère de sodium et de fer en milieu très aride.

… De hauts lieux de diversité

Certaines zones concentrent une forte densité d'espèces.

Galuskina, géochimiste à l'université de Silésie (Pologne). Des découvertes récentes font aussi état d'espèces minérales constituées à partir de bois, de fientes de chauve-souris ou de faucon. Sans oublier les minéraux qui forment les coquilles, les os, les dents… jusqu'aux perles des huîtres ou nos douloureux calculs rénaux.

"En fait, on se rend compte que la géosphère et la biosphère évoluent ensemble", expose le minéralogiste Robert Hazen. Le tout assisté par la présence d'eau liquide qui érode, lessive, embarque toutes sortes d'éléments chimiques puis les concentre. *"La diversité minérale de la Terre est très supérieure à celle des autres planètes du Système solaire ; c'est le reflet de la riche histoire évolutive de notre planète"*, relance Robert Hazen, qui estime à guère plus de 400 le nombre de minéraux sur Mars. En clair : la singularité de la Terre ne repose pas seulement sur une vie flamboyante, mais aussi sur un "règne minéral" très étoffé. Une signature géologique probablement unique dans le cosmos, qui se distingue par l'extrême rareté de la plupart de ses espèces : environ la moitié des minéraux connus ont été repérés dans moins de six endroits différents de la planète, et plus de 1 000 espèces n'ont été trouvées qu'en un seul et unique lieu, jusqu'à présent – leur niche écologique, en quelque sorte.

Plus frappant encore : le volume mondial de chacun de ces minéraux rares ne dépasse pas le centimètre cube, soit moins que le contenu d'un dé à coudre. De quoi reléguer les diamants au rang de vulgaires banalités… Même si certaines espèces échappent sans doute aux yeux des minéralogistes, à l'image des minéraux à base de sodium aux couleurs assez insipides.

TERRAINS DE CHASSE EXTRÊMES

Malgré toutes ces difficultés, la traque aux espèces rares bat son plein. Les géologues, professionnels ou amateurs, se ruent en ce moment vers les fumerolles volcaniques, les roches alcalines magmatiques, les intrusions per-alcalines, les roches pyrométamorphiques… L'Antarctique et les abysses océaniques sont d'autres terrains à explorer dans un futur proche. Tandis que les vieux échantillons de collectionneurs ou de muséums recèlent beaucoup de bonnes surprises, pourvu qu'on les regarde à l'échelle nanométrique.

Celui qui vient de la ruée vers l'or

Ce petit joyau bleu, la nevadaite, a été découvert dans une mine d'or du Nevada, réunissant un mélange singulier d'uranate, de phosphate, de vanadate et d'arsenate.

Celui qui sort des milieux extrêmes

L'hatrurite est un cristal rarissime dans la nature, qui nécessite des températures supérieures à 1 250°C pour se former.

Faits et chiffres

L'identité minérale terrestre est sans doute unique : la probabilité qu'une autre planète présente la même distribution de minéraux a ainsi été évaluée à **1 chance sur 10^{322}** ! Sachant que le nombre d'atomes dans l'Univers est estimé à **10^{80}**.

Au-delà de leur caractère esthétique, *"ces découvertes permettent de saisir l'ensemble des processus géochimiques possibles sur notre planète,* évoque Fernando Cámara, géologue à l'université de Milan. *Surtout, ces nouvelles espèces nous révèlent des structures cristallines inédites, jamais observées jusqu'ici dans la nature ou en laboratoire. Des architectures surprenantes et inattendues, pas du tout anticipées par nos modèles physico-chimiques"*. Les hommes de terrain ne cessent de découvrir dans la nature des phases cristallines que les théoriciens déclaraient jusqu'ici trop instables ou improbables.

Mais il n'y a pas que la beauté du geste scientifique. *"Environ la moitié des nouveaux cristaux découverts affichent un arrangement atomique inédit, et donc des propriétés physiques nouvelles : il y a là un vrai potentiel de*

Celui qui naît de l'eau de mer

La fiedlérite a été découverte sur des scories de plomb d'une fonderie grecque altérées par les eaux de la mer Égée.

Celui qui se forme dans les tiroirs

La calclacite provient de l'interaction entre des échantillons de roche ou de fossile avec le bois de chêne des armoires des muséums.

Celui qui émerge de l'Antiquité

La néalite a été découverte dans les mines du Laurion (Grèce), abandonnées au Ier s. av. J.-C. Elle a émergé de l'altération de résidus d'argent, de cuivre et de plomb mouillés par la mer.

M. SCOTT - S. WOLFSRIED - C. REWITZER - E. VAN DER MEERSCHE

Celui qui présente le plus de complexité

La formule chimique de l'ewingite se passe de tout commentaire : $Mg_8Ca_8(UO_2)_{24}(CO_3)_{30}O_4(OH)_{12}(H_2O)_{138}$.

Celui qui naît de l'exploitation minière

Cette merveille de métamunirite s'est formée dans le sillage de l'extraction industrielle du gypse dans la mine de Burro (Colorado).

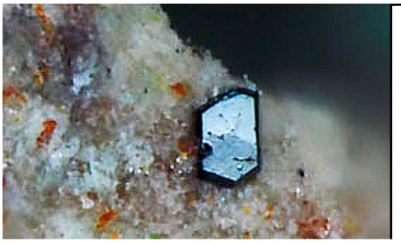
développement technologique", estime Robert Hazen. *"Je me sens un peu comme les biologistes qui partent à la recherche d'une plante exotique dans la forêt tropicale dans l'espoir d'y découvrir le prochain médicament miracle!"* confie Anthony Kampf, célèbre chasseur de minéraux.

Les possibilités du minéral paraissent infinies… *"Les considérations de structures atomiques ne semblent même pas être un facteur limitant,* relève Robert Downs, cristallographe à l'université d'Arizona. *Les nouvelles espèces minérales découvertes sont toutes intéressantes sur le plan chimique ou structurel, et chacune a une histoire unique à nous raconter."*

Une histoire que le système de classification actuel, fondé sur une formule chimique et une structure cristalline très idéalisées, a bien du mal à retranscrire : *"Trouver la bonne manière de systématiser les minéraux va guider mes travaux dans la décennie à venir"*, annonce Robert Hazen. *"Tout comme l'arbre du vivant est relié à la théorie de l'évolution darwinienne, la manière dont nous classons les minéraux donnera des indications clés sur la manière dont notre planète a évolué"*, abonde Peter Heaney, géochimiste environnemental à l'université d'État de Pennsylvanie.

DES ESPÈCES ISSUES DES ACTIVITÉS HUMAINES

Sachant que les humains participent aussi à cette histoire géologique, sans forcément en avoir conscience. Une équipe scientifique américaine a ainsi identifié, en 2017, plus de 200 espèces minérales liées à nos activités : des cristaux qui poussent sur nos terrils miniers, sur les murs ou les poteaux de soutènement de galeries d'extraction, dans les conduits d'installations géothermiques, les épaves de navire, au bord de traverses de chemins de fer ou via l'altération de nos outils en bronze, plomb ou étain, ainsi qu'au sein du béton.



Celui qui est le plus improbable

La fingerite est la très rare et instable association du cuivre et du vanadium, en milieu chaud et acide : on n'en a trouvé qu'au sommet d'un volcan actif, l'Izalco (Salvador).

Celui qui bouscule les codes

La stepanovite est le premier hybride métal-organique naturel, découvert en 2016 dans de vieux échantillons d'une mine de charbon russe : sa structure promet beaucoup pour le stockage du CO_2.

T. OLDS - S. WOLFSRIED - MINTREASURE - T. FRISCIC/MCGILL UNIVERSITY

Plusieurs de ces espèces n'ont même aucun équivalent naturel connu : *"Nos travaux souterrains, par exemple, font naître des situations qui ne se produisent pas lors des processus géologiques naturels,* éclaire Marcus Origlieri, chercheur à l'université d'Arizona. *Les dernières estimations montrent que 5 % des minéraux homologués sont liés aux activités humaines, et cette proportion augmente constamment."*

Les cristaux qui émergent de substrats artificiels ne sont pas, pour l'instant, considérés officiellement comme des minéraux… Il n'empêche : *"De nombreuses espèces exotiques sont sûrement en train de se former dans les décharges de produits électroniques, avec la dégradation des batteries, lasers, aimants, semi-conducteurs, tubes cathodiques au phosphore, etc."*, songe Robert Hazen.

Sans compter tous les cristaux synthétisés en laboratoire : la base de données tenue par le Centre d'information de Karlsruhe recense à ce jour 203 830 structures cristallines artificielles – environ 6 000 nouvelles configurations sont créées chaque année. *"Les taux actuels de création de nouveaux minéraux, dans la nature ou dans l'industrie, sont plusieurs millions de fois supérieurs à ce qui a été observé à n'importe quel autre moment de l'histoire de la Terre,* soulève Robert Hazen. *Cette diversification pourrait constituer l'un des marqueurs visibles de l'Anthropocène."*

Voilà qui donnera peut-être, dans les archives sédimentaires, une image un peu différente de notre civilisation : *"Il est étonnant de constater que notre époque, marquée par l'homogénéisation et la destruction de la vie organique, est frappée en même temps par une intense diversification minérale"*, fait observer Peter Heaney.

Une géodiversité foisonnante que nous commençons seulement à considérer à sa juste valeur : c'est-à-dire comme un chapitre à part entière de la biographie de notre planète.

À consulter : les sites internet mindat.org ainsi que deepcarbon.net.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

Et voici les plantes cyborgs

On connaît les transhumanistes qui tentent de booster les facultés humaines à l'aide d'implants et de prothèses. Ce qu'on ignore, c'est que l'alliance du vivant et de la technologie s'incarne aussi chez les végétaux ! **Elsa Abdoun** nous en présente les premiers spécimens.

Quand on parle de "cyborg", on a vite en tête des personnages de science-fiction comme Robocop ou Terminator. Ou bien on songe à ces transhumanistes qui espèrent augmenter leurs facultés intellectuelles à l'aide d'implants cérébraux. Dans tous les cas, on ne pense jamais à un ficus ou à une orchidée.

À tort. Car l'idée de développer des pouvoirs inédits par la fusion de l'organique et de la mécanique n'est pas réservée aux humains : depuis quelques années, c'est même chez les plantes que cette quête s'incarne le mieux ! Cresson lumineux, rose rechargeable, épinard communicant… De véritables cyborgs végétaux font leur apparition (voir encadrés). Issus de quelques laboratoires pionniers, ces organismes d'un nouveau genre incarnent l'alliance contre nature des fleurs et des feuilles

CRÉDIT & ASSURANCE

VOUS CHERCHEZ LE MEILLEUR TAUX ?

300 agences pour vous accompagner

meilleurtaux.com

1 000 experts en agences à distance

Un crédit vous engage et doit être remboursé. Vérifiez vos capacités de remboursement avant de vous engager.

Aucun versement, de quelque nature que ce soit, ne peut être exigé d'un particulier avant l'obtention d'un ou plusieurs prêts d'argent. Pour tout prêt immobilier, l'emprunteur dispose d'un délai de réflexion de 10 jours ; l'achat est subordonné à l'obtention du prêt, s'il n'est pas obtenu, le vendeur doit lui rembourser les sommes versées. Meilleurtaux, 36 rue de Saint-Pétersbourg 75008 Paris, société par actions simplifiée au capital de 1 000 000 €, RCS Paris n°424 264 281. Courtier, Mandataire non-exclusif et Mandataire d'intermédiaire en Opérations de Banque et Services de Paiement - Intermédiaire en assurance - ORIAS n° 07 022 955 (www.orias.fr). Sous le contrôle de l'ACPR, 4 place de Budapest 75436 Paris Cedex 09 (www.acpr.banque-france.fr).
Listes des agences franchisées – commerçants indépendants – et des partenaires consultables sur meilleurtaux.com.

SEON YEONG KWAK/MIT

avec l'électronique et les nanotechnologies. Et remettent en question, par la racine, les frontières entre le vivant et la machine.

Pour Joseph Richardson, chercheur en ingénierie chimique à l'université de Melbourne (Australie) et un des pionniers de ces plantes bioniques, leur intérêt est double : *"Les supermatériaux tel le graphène sont très limités dans leur capacité à mener certaines réactions chimiques, comme la catalyse, que la biologie maîtrise parfaitement ; tandis que la biologie est limitée dans la gestion des électrons et des photons, que les supermatériaux assurent très bien."*

D'où l'idée de s'appuyer sur ces technologies artificielles pour doter les plantes de nouvelles capacités que des millions d'années d'évolu-

Repères

Le terme "cyborg", surtout employé en science-fiction, correspond à la contraction d'"organisme cybernétique". Les scientifiques lui préfèrent le terme "bionique", contraction de "biologique" et de "technique".

Le cresson lumineux

"Nous avons peut-être créé l'organisme le plus lumineux ayant jamais existé !" Michael Strano (MIT) peut être fier de son exploit : faire produire par une plante l'équivalent de la moitié de la puissance lumineuse d'une LED de 1 microwatt… soit *"plusieurs centaines de fois plus que ce que la seule manipulation génétique avait réussi à produire jusqu'à présent"*. Et le tout sans consommer aucune électricité. Son secret ? Une combinaison de différentes nanoparticules, notamment fluorescentes, insérées dans des plantes à l'aide d'une chambre pressurisée. *"Alors que la lumière ne durait que 4 heures au début, aujourd'hui elle tient plusieurs semaines"*, affirme Michael Strano, qui a poussé la démonstration jusqu'à développer… un interrupteur chimique pour sa lampe végétale. Le mode d'emploi est des plus simples : saupoudrer le cresson de coenzyme A pour l'allumer, et de déshydroluciférine pour l'éteindre.

tion et plusieurs décennies d'ingénierie génétique n'ont pas réussi à faire émerger – car la biologie, même sélectionnée ou génétiquement modifiée par l'intelligence humaine, suit des règles précises qui lui imposent des limites.

Dans le même temps, les scientifiques peuvent apporter aux technologies certaines propriétés du vivant que les ingénieurs n'ont pas encore pu copier: *"Les plantes fabriquent et stockent leur propre énergie, tout en étant biodégradables"*, cite par exemple Michael Strano, professeur d'ingénierie chimique au Massachusetts Institute of Technology (États-Unis), *"les transformer pour remplacer antennes téléphoniques ou lampes, par exemple, c'est un pas vers plus de durabilité"*. Bien sûr, prévient tout de suite ce dernier, il s'agit là encore d'applications *"futuristes"*. *"C'est un champ de recherche émergeant"*, confirme Eleni Stavrinidou, pionnière des "plantes électroniques" à l'université Linköping (Suède).

ARTIFICIALISATION EXTRÊME

Il reste en effet aux scientifiques à améliorer les performances de leurs créatures et à répondre à de nombreuses questions. À commencer par celle de la survie à long terme des plantes chargées en nanoparticules ou en circuits électroniques. Celle, aussi, des risques de pollution par les composants artificiels en cas de culture de ces plantes dans la nature. D'ailleurs, si ces végétaux sortent un jour des laboratoires, nul doute que cette artificialisation extrême du vivant ne manquera pas de susciter la polémique.

Une forme de transgression qui constitue un moteur intellectuel pour les auteurs de ces recherches: *"On a tendance à penser que la technologie est quelque chose de purement artificiel, c'est intéressant de lui trouver des liens avec le vivant"*, juge ainsi Eleni Stavrinidou. *"Ces recherches sont passionnantes sur le plan philosophique,* confirme Joseph Richardson; *par exemple, si on utilise un supermatériau qui empêche la croissance et la reproduction d'une plante, est-ce qu'on peut toujours considérer cette dernière comme vivante?"*

Après les transhumanistes, voici donc venue l'ère des "transvégétalistes". Des scientifiques à l'imagination tellement débordante que même la science-fiction ne nous avait pas préparés à leur avènement.

La rose rechargeable

À l'ère des cyborgs, harmonie des couleurs et sensualité des fragrances ne suffisent plus: même les roses doivent se rendre utiles. Celle révélée en 2017 par l'université Linköping (Suède) est ainsi capable de stocker de l'électricité. Pour réussir cette gageure, les scientifiques ont baigné leurs roses dans une solution contenant des polymères de carbone, capables de conduire l'électricité. Ces derniers ont progressivement pénétré le réseau vasculaire de la fleur, jusqu'à y former un véritable circuit électrique, dont les chercheurs ont pu confirmer la capacité à conduire de l'électricité, et même à en stocker. De quoi alimenter un petit appareil électrique pendant quelques minutes! *"Notre but est de récupérer, à l'avenir, l'énergie de la photosynthèse"*, affirme Eleni Stavrinidou, qui a mené les expériences.

L'arabette super-photosynthétique

Elle restera dans l'histoire comme la première plante cyborg ayant jamais poussé sur Terre: l'arabette des dames. L'équipe de Michael Strano (MIT) a inséré dans ses feuilles des nanotubes de carbone capables de réagir à des longueurs d'onde de lumière visible, des UV et de l'infrarouge, que les plantes n'absorbent pas naturellement. Résultat: l'efficacité de la photosynthèse s'est accrue de 30%! L'utilité d'un tel exploit n'est toutefois pas évidente, car *"la photosynthèse n'est pas le facteur limitant de la croissance pour la plupart des plantes"*, explique Michael Strano. Augmenter son efficacité ne permet donc pas de les faire pousser plus vite. Mais le chercheur y voit avant tout la démonstration de ce que l'on peut gagner à allier biologie et nanotechnologies: *"On a réussi à améliorer une fonction modelée par des millions d'années d'évolution"*, se félicite-t-il.

M. BERGGREN/LINKOPING UNIVERSITY - B. VICKMARK/MIT - J.J. RICHARDSON/UNIVERSITY OF MELBOURNE

L'épinard communicant

Chez les plantes aussi, les nouvelles générations sont connectées. C'est du moins le cas de l'épinard dévoilé en 2016 par l'équipe de Michael Strano (MIT). Les scientifiques ont intégré dans ses feuilles, à l'aide d'une seringue, un assemblage de nanotubes de carbone à fluorescence infrarouge et de peptides capables de réagir à la présence de composés nitro-aromatiques (molécules composant certains explosifs). Résultat : en présence de ces molécules (qu'elles se trouvent au niveau des racines ou des feuilles), l'épinard émet moins d'infrarouges, ce qui peut être détecté comme un signal de présence par un smartphone placé à près d'un mètre de distance. De tels systèmes de détection à distance, s'appuyant sur les plantes, pourraient être utilisés pour repérer des polluants dans l'environnement *"et ainsi remplacer des réseaux de détecteurs en plastique ou métalliques qu'il faut entretenir, protéger de la pluie et recharger"*, affirme Michael Strano.

Le chrysanthème résistant aux radiations

C'est le dernier-né, révélé il y a quelques mois par l'équipe de Joseph Richardson à l'université de Melbourne : un chrysanthème dont les feuilles et les fleurs ont été recouvertes d'un assemblage de molécules appelé "réseau métallo-organique", ayant la propriété de protéger des UVC. Des rayons ultraviolets absents de la surface de la Terre, mais terriblement néfastes pour un organisme qui se retrouverait dans l'espace. Les scientifiques ont démontré l'efficacité de leur méthode en plaçant leurs plantes sous des lampes à UVC : celles protégées par les réseaux métallo-organiques présentaient une décoloration moins importante. *"Cela pourrait peut-être, un jour, permettre de faire pousser des plantes sur Mars ou sur la Lune, sans avoir à construire de serre protectrice"*, imagine Joseph Richardson.

Déclin des insectes
Alerte aux réactions

Près de la moitié des insectes sont en voie d'extinction. Or, cette hécatombe va engendrer de folles réactions en cascade. Observations et simulations montrent que cela n'affectera pas seulement les animaux et végétaux qui dépendent directement d'eux, mais aussi des espèces plus éloignées. Pis : celles-ci pourraient même parfois en être les premières victimes, révèle **Coralie Hancok**.

Promenons-nous dans un pré. C'est l'été, des papillons volettent gracieusement en zigzag. Ils croisent des abeilles qui, butinant des fleurs épanouies, se gavent de nectar. Dans l'herbe, des sauterelles bondissent. Au sol, une cohorte de fourmis s'active pour rapporter à la fourmilière de quoi nourrir la colonie. Dans l'air stridule le chant des cigales. Lequel, le soir venu, cède la place à celui des grillons, tandis que les premiers réverbères s'allument, attirant des nuées d'insectes volants.

Nuées, le terme est adéquat tant les insectes sont innombrables sur notre planète : avec 1 million d'espèces différentes décrites (et peut-être plus de 5 millions qui ne le sont

L. AJTAY/PLAINPICTURE - M. KONTENTE

en chaîne

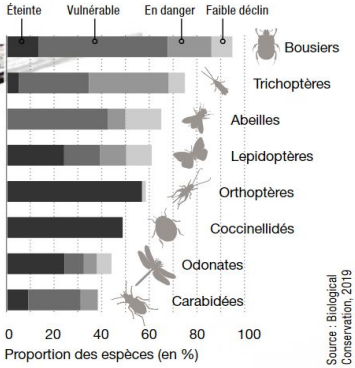
pas encore), les insectes représentent 66 % de toutes les espèces animales connues, et pour chaque être humain, on compte entre 150 et 1 500 kg d'insectes. Grâce à leurs capacités d'adaptation exceptionnelles et à leur rapidité de reproduction, ils ont conquis la quasi-totalité des écosystèmes de la planète : forêts tropicales, toundras, montagnes, plaines, prairies humides ou déserts. À l'exception des pôles et des océans, les insectes sont partout !

Les chiffres publiés en février dernier par Francisco Sánchez-Bayo et Kris Wyckhuys promettent donc de bouleverser les paysages du monde entier. Après avoir analysé les données de 73 études différentes, les →

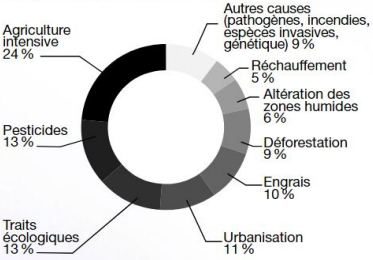
41 %

C'est le pourcentage d'espèces d'insectes en danger d'extinction en 2019. Leur taux d'extinction est 8 fois supérieur à celui des vertébrés.

Toutes les familles d'insectes sont touchées



L'homme est le principal responsable de leur déclin



deux chercheurs des universités de Sydney et Brisbane, en Australie, ont conclu que 41 % de toutes les espèces d'insectes sont aujourd'hui en danger d'extinction. Pire encore : leur taux d'extinction serait 8 fois supérieur à celui des vertébrés (voir infographie p. 85).

Cette étude a fait moins de bruit que l'alerte lancée début mai par des experts mandatés par l'ONU, annonçant que 1 million d'espèces animales et végétales, toutes branches confondues, risquent de disparaître à brève échéance de la surface de la Terre ou du fond des océans. Mais en se concentrant sur les seuls insectes, elle cible l'un des principaux points de fragilité de la biodiversité mondiale. La prévision lancée par Kris Wyckhuys en est d'autant plus lugubre : *"Si la tendance actuelle de 1 % d'espèces perdues par an se maintient, l'extinction de la totalité des insectes sera effective dans 100 ans…"*

Ces chiffres "catastrophiques" font l'objet de débats dans la communauté scientifique. *"Francisco Sánchez-Bayo et Kris Wyckhuys ont effectué une revue de la littérature scientifique en utilisant les mots-clés 'déclin' et 'insectes', ce qui introduit un biais. En effet, ils ont ainsi uniquement sélectionné les études montrant une diminution des insectes mais pas celles qui n'en montrent pas"*, souligne Dirk Sanders, chercheur en écologie à l'université d'Exeter (Grande-Bretagne).

DE RARES SURVIVANTS OPPORTUNISTES

Autre critique : la méta-analyse des chercheurs australiens a compilé des données provenant essentiellement d'Europe, soit de pays de petite taille, très densément peuplés, aux paysages extrêmement anthropisés. Or, peut-on généraliser à l'ensemble de la planète ce que l'on observe de spécifique à l'Europe ? *"Il est vrai que la majorité des études que nous avons passées en revue concernent l'Europe et l'Amérique du Nord, tout simplement parce que ce sont les seules disponibles,* répond Kris Wyckhuys. *Néanmoins, nous craignons que nos résultats soient extrapolables aux autres régions du monde : aujourd'hui, la perte d'habitats s'accélère dans la forêt amazonienne, à Bornéo, ainsi que dans le Sud-Est asiatique et en Afrique. Par ailleurs, en Asie, l'utilisation des pesticides est très importante. La disparition des habitats et la pollution étant les deux principales causes du déclin des insectes, il est malheureusement probable que leurs populations soient menacées à travers la planète."*

D'ailleurs, même si elles sont rares, certaines études montrent bien que le déclin est aussi à l'œuvre ailleurs qu'en Europe ou en Amérique du Nord. C'est par exemple le cas de celle publiée en 2018 par Bradford Lister (Institut polytechnique Rensselaer, États-Unis) et Andrés García (université de Mexico) menée dans une forêt tropicale de Porto Rico, qui montre qu'entre 1976 et 2013 la masse d'insectes capturés dans leur piège a été divisée par 36 en juillet et même par presque 60 en janvier !

Repères

La classe des insectes, apparue il y a plus de 400 millions d'années, regroupe plusieurs millions d'espèces aux structures morphologiques communes : exosquelette de chitine, 3 segments, 2 antennes, 6 pattes, 4 ailes…

Au-delà de la précision des chiffres, tout le monde s'accorde donc pour dire que la crise des insectes est bien là. Agriculture intensive, pesticides, urbanisation, déforestation, réchauffement… Les causes de ce déclin sont multiples et sa vitesse variable selon les familles. Au point de faire disparaître toute l'entomofaune d'ici un siècle, comme l'annonce Kris Wyckhuys ? Jean-Pierre Lumaret, professeur émérite au Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (CNRS/université Montpellier-III), tempère : *"Les insectes étaient présents avant l'homme, et dans 100 ans il y en aura encore. Reste que le déclin des insectes est une réalité. Alors, quels insectes aurons-nous laissés dans 100 ans ? C'est là toute la question."* Et de préciser : *"Les espèces ayant un cycle relativement long, comme certains papillons, sont plus fragiles, alors que celles qui ont un cycle très court, comme les moustiques, résisteront plus facilement."*

Franck Courchamp, chercheur au Laboratoire d'écologie systématique et évolution (CNRS/université Paris-Sud), confirme : *"Les espèces les plus généralistes et les plus ubiquistes survivront. Mais cela est tout aussi inquiétant qu'une disparition totale des insectes car on perd en diversité et en complexité. L'entomofaune va*

GETTY IMAGES

Un impact sur d'innombrables espèces animales

Une disparition des insectivores bien documentée

Le lien entre crise des insectes et crise des oiseaux est désormais bien établi. Des études de 2010 et 2015 ont montré que leurs populations déclinent dans les plaines agricoles, alors que celles des oiseaux se nourrissant de fruits et de graines restent stables. Tous les autres insectivores (grenouilles, chauves-souris, lézards…) sont aussi touchés par cette crise.

Mais des extinctions là où on ne les attend pas forcément

Si les mangeurs de grenouilles ou de lézards sont évidemment menacés, la complexité des dynamiques écologiques rend impossible de lister tous les animaux concernés. Les modèles montrent que ce sont parfois des espèces éloignées dans la chaîne alimentaire qui disparaissent en premier.

devenir homogène, simplifiée, constituée d'un petit nombre plus restreint d'espèces adaptables et opportunistes." Et cela ne sera pas sans conséquence sur l'ensemble des écosystèmes.

Car les insectes forment un maillon essentiel de la plupart des réseaux écologiques terrestres. Et ces réseaux sont soumis à des effets domino et des réactions en cascades qui peuvent propager, voire amplifier les perturbations. Il suffit parfois d'une simple diminution des effectifs d'une espèce pour provoquer l'extinction pure et simple d'une autre. Comme l'illustre une étude publiée en 2013 par Torbjörn Säterberg et Bo Ebenman (université de Linköping, Suède) dans laquelle les chercheurs ont fait tourner des modèles mathématiques pour simuler le déclin d'une espèce au sein d'un réseau trophique. Résultat : dans plus de 80 % des cas, la première espèce à disparaître n'est pas celle dont le déclin est simulé, mais une autre qui, pourtant, allait bien jusqu'alors. Autrement dit, avant même qu'un insecte ait disparu, son déclin peut précipiter d'autres animaux dans la tombe.

DES RÉSEAUX ÉCOLOGIQUES ULTRACOMPLEXES

On pense, bien sûr, d'abord à ceux qui sont juste au-dessus des insectes dans les réseaux trophiques : les mangeurs d'insectes. *"En bonne logique, si les populations d'insectes diminuent, les premières espèces touchées seront d'abord celles qui sont insectivores"*, pose Franck Courchamp. Cela a d'ailleurs déjà commencé. *"Dans tous les pays d'Europe, on observe un déclin des populations d'oiseaux, en particulier dans les grandes plaines agricoles,* explique Vincent Bretagnolle, directeur de recherche au CNRS. *En France, les espèces des milieux agricoles ont vu leurs populations diminuer de 33 % en 25 ans. Sur notre site d'étude dans les Deux-Sèvres, nous avons même perdu 80 % des perdrix grises et 90 % des perdrix rouges ! Et quand on a cherché les causes de ce déclin, on s'est rendu compte qu'il s'expliquait en partie par une diminution de l'abondance des insectes."*

> *Les écosystèmes sont des systèmes complexes : il est difficile de prédire comment une perturbation appliquée à une espèce ou un groupe d'espèces va se propager*
>
> TORBJÖRN **SÄTERBERG**
> Université de Linköping, Suède

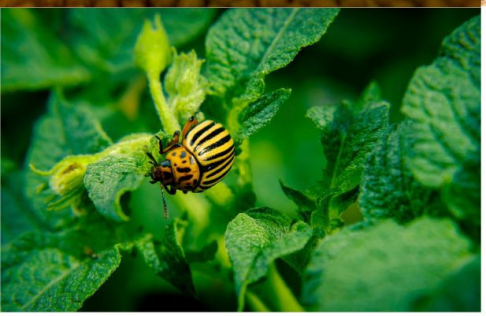
Ce lien entre la crise des oiseaux et la crise des insectes est aujourd'hui bien établi. En 2010, l'équipe de Silke Nebel (université de l'Ontario de l'Ouest, Canada) a montré que les populations d'oiseaux qui diminuaient le plus aux États-Unis et au Canada étaient celles qui étaient insectivores. Et à Porto Rico, Bradford Lister et Andrés García ont constaté chez 6 espèces différentes d'oiseaux que, plus leur régime alimentaire contient une proportion élevée d'insectes, plus leur déclin est important. Ainsi, alors que la population de colombes rouviolettes, qui se nourrissent exclusivement de graines et de fruits, est restée stable entre 1990 et 2015, celle du todier de Porto Rico, un petit oiseau friand d'insectes, a diminué de 90 %. Sachant que les oiseaux ne sont pas les seuls insectivores touchés par cette hécatombe : les lézards, les grenouilles, les chauves-souris, et même les poissons qui se nourrissent des

Des effets sur toute la diversité végétale terrestre

Un déclin des plantes à fleurs annoncé

Les insectes jouent un rôle important dans la pollinisation, notamment des plantes à fleurs. Leur déclin, comme celui des abeilles, s'accompagnerait d'une diminution de ces espèces végétales.

F. BIENEWALD/GETTY IMAGES - P.CHADWICK/GETTY IMAGES - N. LAN /GETTY IMAGES



Une dégradation à prévoir de la qualité de la terre

Les coléoptères coprophages, mais aussi les xylophages ou les fourmis jouent un rôle fondamental en aérant, enrichissant la terre en éléments nutritifs. Leur déclin pourrait impacter négativement la croissance des plantes.

Une compétition entre végétaux relancée

Le déclin ou la disparition des insectes qui se nourrissent des plantes (racines, tiges, feuilles, fleurs ou fruits) va changer les règles de la compétition entre végétaux. Avec un impact imprévisible sur les équilibres écologiques des forêts et des prés.

larves d'insectes se développant dans l'eau, pourraient aussi voir leur population diminuer drastiquement au point, parfois, peut-être, de disparaître.

Mais l'effet peut aussi être moins direct. *"Dans nos simulations, une proportion relativement élevée de premières extinctions ont lieu chez des espèces qui ne sont pas directement liées à celles dont nous avons artificiellement induit le déclin"*, indique Torbjörn Säterberg. Autrement dit, la première espèce à disparaître n'était pas forcément le prédateur de l'espèce en voie de disparition. Des résultats a priori contre-intuitifs, mais confirmés par l'étude expérimentale menée en laboratoire par l'équipe de Dirk Sanders et publiée en 2015 : dans un microcosme constitué de plantes et de 3 espèces de guêpes se nourrissant chacune spécifiquement de 3 espèces de pucerons, les chercheurs ont montré que le fait de réduire l'abondance de l'une des 3 espèces de guêpes (sans pour autant la faire disparaître) conduisait à la disparition des deux autres. Comment ? *"Lorsque l'une des guêpes devient moins abondante, les pucerons dont elle se nourrit deviennent plus nombreux. La compétition interspécifique entre pucerons s'intensifie alors aux dépens des deux espèces devenues minoritaires. Résultat : les prédateurs de ces dernières ont moins de proies à leur disposition et leurs populations diminuent en conséquence"*, explique Dirk Sanders. Or, ces dynamiques écologiques sont tellement complexes qu'il est finalement difficile de prévoir quels animaux seront menacés par le déclin des insectes.

D'autant que la disparition d'un insecte peut aussi créer de nouvelles niches qui vont encore amplifier les déséquilibres écologiques. Exemple édifiant en Australie où, à leur arrivée, les colons ont développé l'élevage des bovins et des ovins. Problème : les coléoptères coprophages australiens, habitués aux excréments des marsupiaux, ne se sont jamais intéressés à ceux des bovins. Le pays s'est alors rapidement couvert de bouses qui mettaient des années à se dégrader (au point que l'Australie a perdu, à l'époque, 10 % de sa surface en pâturages, soit 1 million d'hectares !) et dans lesquelles les mouches se sont mises à pulluler, affectant finalement encore plus la productivité du bétail… Et tout cela à cause de l'absence de bousiers ! *"Les écosystèmes sont des systèmes complexes ; de ce fait, il est donc difficile de prédire comment une perturbation appliquée à une espèce ou à un groupe d'espèces va se propager à toute la communauté*, conclut Torbjörn Säterberg. *Ce qui est sûr, c'est que le déclin des insectes sera néfaste pour la biodiversité animale."*

Et pour les végétaux ? La question là encore est complexe. Les insectes étant majoritairement herbivores, on pourrait imaginer que leur déclin sera bénéfique aux végétaux… et aux agriculteurs qui les cultivent. L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) estime en effet que les ravageurs des cultures sont responsables de la perte d'un cinquième de l'ensemble des récoltes. Sauf que les insectes ont aussi des effets bénéfiques. D'abord, certains sont carnivores et se nourrissent justement des insectes ravageurs des cultures : si les premiers diminuent, les seconds pourraient pulluler et ravager davantage les cultures. Par ailleurs, certains insectes favorisent la croissance des plantes. *"En recyclant les déjections animales, les bousiers permettent le retour au sol d'éléments nutritifs comme l'azote. En décomposant les feuilles et les branches mortes, les insectes xylophages l'enrichissent également. Quant aux fourmis et aux termites, elles déplacent des quantités gigantesques de terre, ce qui contribue à son aération"*, liste Franck Courchamp.

Quel impact sur l'agriculture ?

Il est moins important que ce que l'on pourrait craindre. Si 40 % environ de la production agricole végétale mondiale dépend des insectes pollinisateurs, cette dépendance est rarement totale. En 2009, Marcelo Aizen (université nationale de Comahue, Argentine) a calculé que même une absence totale de pollinisateurs ne réduirait la diversité des fruits et légumes que de 8 % et la production agricole mondiale de seulement 3 à 5 %. D'ailleurs, souligne-t-il, *"alors que le déclin des insectes pollinisateurs a débuté il y a plusieurs décennies, on n'observe pas de diminution de la production agricole mondiale, au contraire"*. Mais de noter cependant que *"la perte de rendement liée à la baisse du nombre d'insectes pollinisateurs pourrait être plus importante dans les pays en développement, où les cultures dépendant des pollinisateurs occupent plus de surfaces"*.

UN DOMINO MONDIAL

Surtout, les insectes jouent un rôle important dans la pollinisation des végétaux. *"Si la quantité d'insectes pollinisateurs diminue, on peut s'attendre à voir décliner certaines plantes à fleurs"*, pointe Benoît Fontaine, biologiste de la conservation au Muséum national d'histoire naturelle. C'est ce que montrait précisément une étude menée en Grande-Bretagne et aux Pays-Bas en 2006 par l'équipe de Jacobus Biesmeijer, du Centre de biodiversité naturelle de Leiden (Pays-Bas) : le déclin de la diversité des espèces d'abeilles sauvages s'accompagnait d'une diminution des espèces végétales pollinisées par celles-ci (comme les plantes à fleurs), alors qu'au contraire celles pollinisées par le vent (comme les conifères ou les graminées) étaient en augmentation. De quoi rebattre les cartes de la diversité végétale des campagnes et des forêts. Et de quoi aussi préoccuper les agriculteurs (lire ci-contre).

En tout cas, les faits sont là : une série de réactions en chaîne est en train de s'enclencher dans le monde entier. Et tous les prés en seront bouleversés.

À retrouver sur notre site : * les études citées dans cet article.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

LA SPLENDEUR DES BALKANS

MONTENEGRO, ALBANIE, CROATIE

DU 3 AU 10 OCTOBRE 2019

Un itinéraire spectaculaire : les **parcs de Durmitor** et de **Kotor,** classés au **patrimoine mondial de l'UNESCO,** de majestueux lacs aux reliefs sauvages et le magnifique patrimoine de ces villes à la croisée de l'Orient et de l'Occident depuis l'Antiquité ; sans oublier la "perle de l'Adriatique" **Dubrovnik** (Croatie) et **Shkodra,** ville à l'influence vénitienne et ottomane (Albanie).

CROISIÈRES & VOYAGES LECTEURS

ORGANISÉS POUR VOUS PAR VOTRE MAGAZINE

SCIENCE&VIE

2 CIRCUITS EXCLUSIFS POUR NOS LECTEURS

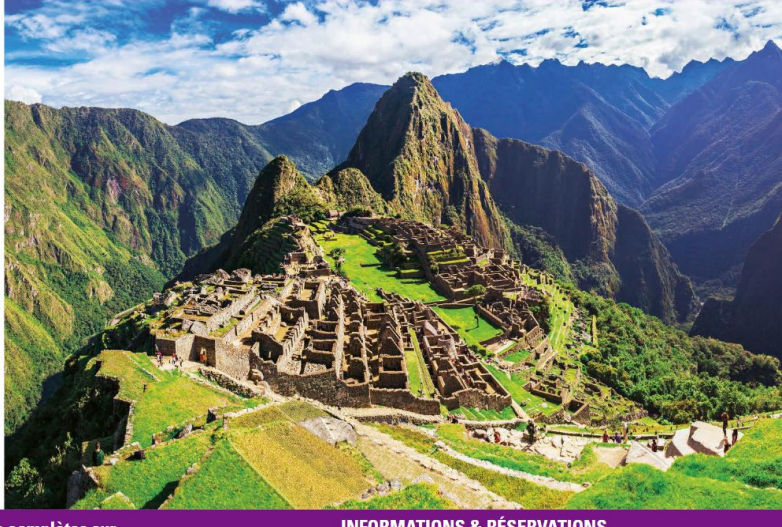
AVEC UNE ÉQUIPE FRANCOPHONE À VOTRE SERVICE AVANT, PENDANT ET APRÈS VOTRE VOYAGE !

PÉROU

Pays de toutes les richesses

DU 28 OCT. AU 9 NOV. 2019

Une destination unique, berceau de la civilisation inca: superbes villes coloniales de **Cuzco et Arequipa,** sites archéologiques impressionnants; et parmi les **paysages les plus spectaculaires de la planète,** la fantastique **cité du Machu Picchu,** les mystérieuses **lignes de Nazca,** le **lac Titicaca,** le canyon de **Colca** ou la grande plaine **peuplée des célèbres vigognes…**



Téléchargez les brochures complètes sur

www.croisieres-lecteurs.com/sv

ou écrivez-nous en renvoyant le coupon ci-dessous.

INFORMATIONS & RÉSERVATIONS

01 41 33 59 83 en précisant **SCIENCE ET VIE**

Du lundi au vendredi de 9h30 à 12h et de 14h à 18h

Complétez, découpez et envoyez ce coupon à SCIENCE&VIE- CIRCUITS 2019 - CS 90 125 - 27091 EVREUX CEDEX 9

SCIENCE&VIE

OUI, je souhaite recevoir GRATUITEMENT et SANS ENGAGEMENT

la documentation complète de ce(s) circuit(s) proposés par Science&Vie : ☐ Splendeur des Balkans **SB19MON** ☐ Pérou **SB19PERU**

Nom : ..... Prénom : .....

Adresse : .....

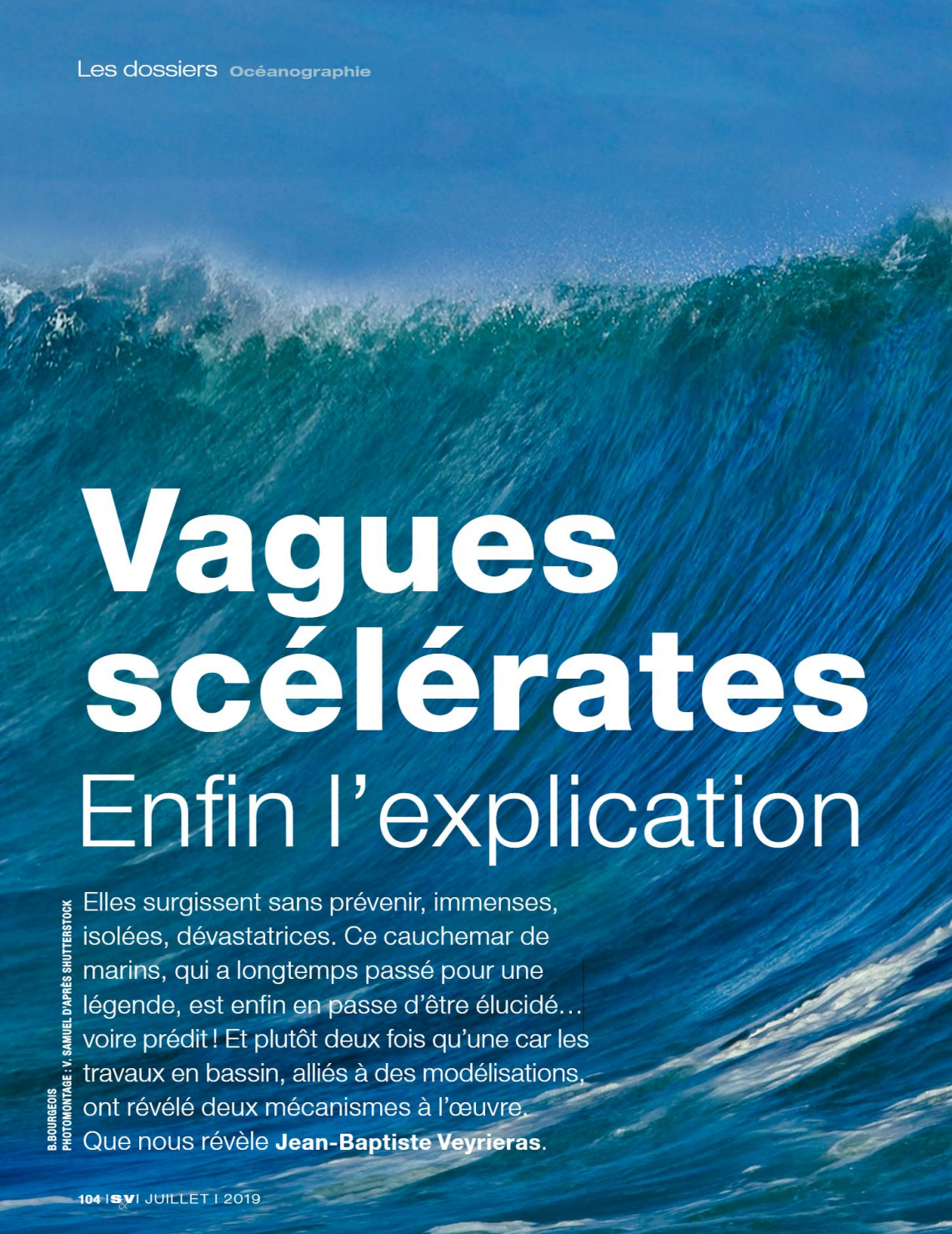
Code postal : ..... Ville : .....

Tél. : ..... Email : .....

SB19PMP

☐ Oui, je souhaite bénéficier des offres de Science&Vie et de ses partenaires. Avez-vous déjà effectué une croisière (maritime ou fluviale) ☐ OUI ☐ NON

Conformément à la loi "Informatique et liberté" du 6 janvier 1978, nous vous informons que les renseignements ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande et que vous disposez d'un droit d'accès, de modification et de suppression de ces données par simple courrier. Crédits photos ©ISTOCK.
Ces circuits sont organisés en partenariat avec SELECTOUR Bleu Voyages (Neige et Soleil Voyages SAS) . IMMATRICULATION IM038120003 • RC Bourgoin Jallieu B 398 629 769). Science&Vie est une publication du groupe de presse Mondadori France siège social : 8 rue François Ory - 92543 Montrouge Cedex.



Vagues scélérates

Enfin l'explication

Elles surgissent sans prévenir, immenses, isolées, dévastatrices. Ce cauchemar de marins, qui a longtemps passé pour une légende, est enfin en passe d'être élucidé… voire prédit ! Et plutôt deux fois qu'une car les travaux en bassin, alliés à des modélisations, ont révélé deux mécanismes à l'œuvre. Que nous révèle **Jean-Baptiste Veyrieras**.

B.BOURGEOIS
PHOTOMONTAGE : V. SAMUEL D'APRÈS SHUTTERSTOCK

Repères

Une vague scélérate est une vague solitaire dont la hauteur du creux à la crête est supérieure ou égale à deux fois la hauteur significative de la houle. Elle a une forme remarquable, moins symétrique, plus creusée, la crête plus saillante… comme un mur d'eau.

Ce fut d'abord une légende, racontée avec la peur dans la voix. Celle d'un monstre des mers capable de surgir sans prévenir, d'une vague immense défiant les lois de la physique et de la navigation et sidérant les marins, avant de les entraîner corps et biens dans les abysses. Très peu d'entre eux auraient eu la chance de réchapper à sa puissance destructrice ; et ceux qui y parvenaient, personne ne croyait leur récit. Même le très respectable officier de marine et célèbre explorateur Dumont d'Urville (1790-1842) fut moqué pour avoir rapporté des mers australes des histoires de vague défiant l'imagination.

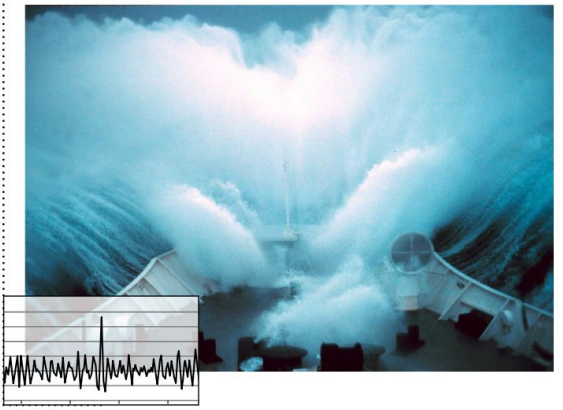
Les épithètes ont alors fleuri, comme autant d'évocations surnaturelles destinées à conjurer la peur : ogresse, tueuse, vicieuse, assassine… Un flot d'adjectifs pour cette "chose" qui, en pleine mer, se dresse parfois aussi haute que dix étages, comme l'ont finalement admis les scientifiques. Car les "vagues scélérates", comme elles sont désormais officiellement baptisées, existent bel et bien. Et après des décennies de traque, la science commence enfin à percer le mystère de ce phénomène maritime exceptionnel. *"Nous disposons à présent d'un cadre théorique solide"*, se réjouit Christian Kharif, de l'Institut de recherche sur les phénomènes hors équilibre (université Aix-Marseille).

Ces vagues peuvent aussi bien surgir au beau milieu d'une mer calme qu'en plein typhon, au large comme aux abords des côtes

LES TROIS VAGUES SCÉLÉRATES DE

01/01/1995, mer du Nord
La vague de Draupner

C'est la première vague scélérate capturée avec une précision de mesure qui ne laisse planer aucun doute. D'une hauteur de 26,5 m, elle a surgi d'une houle d'environ 12 m d'amplitude sous la plateforme pétrolière de Draupner, située en mer du Nord, au large des côtes de la Norvège. Des lasers télémètres scrutant les flots ont échantillonné son profil saisissant et fugace (elle est passée sous leurs yeux en moins de 20 s).



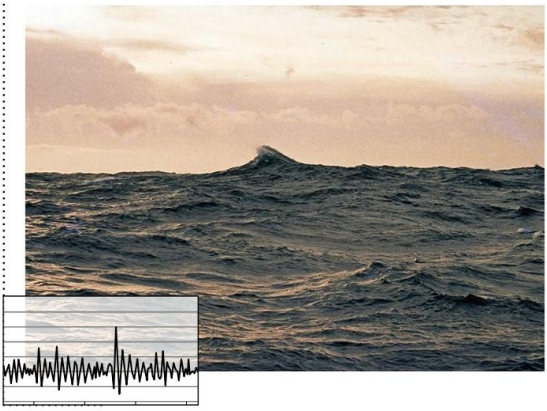
NOAA - DONELAN ET AL. - M.KONTENTE

Seule une poignée de chercheurs, venus des mathématiques, de la mécanique des fluides, de l'océanographie et des géosciences, étaient partis à la chasse de ces vagues dont la moindre des caractéristiques est qu'elles sont solitaires. *"C'était comme chercher une aiguille dans une botte de foin"*, évoque l'un d'entre eux, le physicien Amin Chabchoub, de l'université de Sydney. Car à la différence des vagues extrêmes provoquées par des tsunamis, des tempêtes ou de forts courants, ces vagues ne sont rattachées à aucune condition océanique particulière. Elles peuvent aussi bien surgir au beau milieu d'une mer calme qu'en plein typhon, au large comme aux abords des côtes. Il fallait donc parvenir à dompter ce caractère imprévisible. *"Grâce au développement de bassins expérimentaux,*

09/11/2007, mer du Nord

La vague d'Andrea

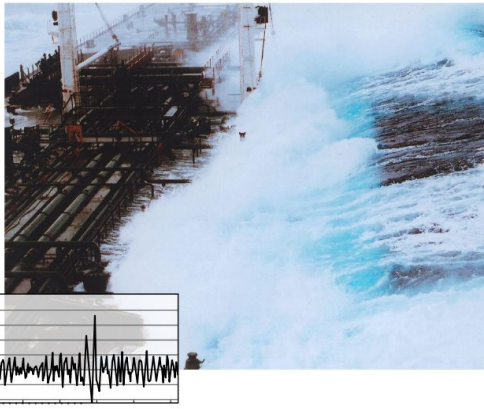
Elle porte le nom de l'orage qui la fit naître et qui agitait alors la mer du Nord, aux abords de la plateforme pétrolière d'Ekofisk. Elle fut mesurée par un système de lasers comparable à celui de la vague de Draupner, à laquelle elle ressemble à bien des égards, notamment par la taille et la vitesse de déplacement. La courbure de son creux est toutefois légèrement plus faible, la rapprochant d'un véritable mur d'eau.



27/01/2014, côte irlandaise

La vague de Killard

Un peu moins bien documentée, cette vague n'a pourtant rien à envier aux deux autres… Haute de 25 m, elle aurait pu se présenter d'égale à égale face aux falaises de Killard (ouest de l'Irlande). Son principal intérêt, c'est qu'il s'agit de la première vague scélérate mesurée dans des eaux peu profondes (39 m contre 70 m de fond pour les précédentes).



de recueils de données en mer et d'outils de calculs numériques, nous avons fait d'importants progrès", se félicite Amin Chabchoub. Au point qu'une équipe anglaise vient tout juste de reproduire, dans un bassin expérimental, l'une de ces manifestations les plus emblématiques : la vague scélérate de Draupner.

22 CARGOS DISPARUS ENTRE 1969 ET 1994

Ce fut en effet la première à être capturée par des instruments de mesure scientifiques : le 1er janvier 1995, la mer du Nord est légèrement agitée quand, tout à coup, une vague deux fois plus élevée que les autres surgit de nulle part, juste sous la plateforme pétrolière de Draupner… dont les lasers télémètres enregistrent alors les impressionnantes mensurations : 26,5 m du creux à la crête ! Suffisant pour que toutes ses semblables quittent le monde des légendes pour devenir un fait scientifiquement avéré.

Cette vague de Draupner fut un coup de chance pour les chasseurs de vagues. Car le phénomène est rare. *"On estime qu'il y en a 1 toutes les 10 000 vagues"*, souligne le mathématicien Frédéric Dias, à l'University College de Dublin. C'est à la fois peu et beaucoup. Tout navire a en fait de grande chance d'en croiser une sur sa route… mais vague scélérate ne veut pas forcément dire vague de 30 m. Pour donner un ordre de grandeur, *"on estime que 22 cargos ont disparu en mer ou ont été sévèrement endommagés par de telles vagues entre 1969 et 1994, coûtant la vie à 542 personnes"*, rappelle tristement Christian Kharif.

Restait à en percer les secrets. Il aura fallu près de 25 ans… et la construction d'un large bassin circulaire muni de 168 batteurs capables de générer toute une panoplie de vagues : c'est lui qui a permis à Ton van den Bremer et à son équipe de l'université d'Oxford de reproduire cette vague du nouvel an jusque dans *"sa forme singulière"*. Car la hauteur crête à creux d'une vague scélérate n'est généralement pas sa seule anormalité : elle possède en sus une forte asymétrie et une faible courbure de creux qui lui donne l'aspect d'un vertigineux mur d'eau – *"telles les falaises de Douvres"*, selon les mots du capitaine du *Queen Elizabeth II*, qui en essuya une au large de Terre-Neuve en 1995.

RENCONTRE ENTRE DEUX TRAINS DE HOULE

Le secret de cette prouesse ? Avoir réussi à former deux champs de houle croisés à 120°. *"Les conditions météorologiques au moment de la vague de Draupner attestent la présence simultanée de deux sources de vent : l'une en provenance d'une grande dépression hivernale, l'autre de courts phénomènes très intenses, dénommés 'bombe arctique'"*, détaille Ton van den Bremer.

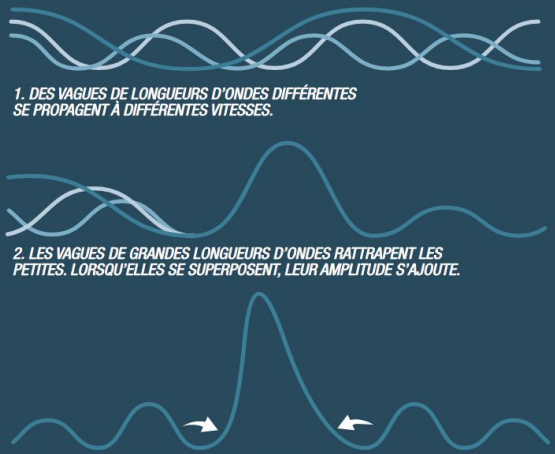
Il faut ici savoir que les vagues de pleine mer sont induites par le vent. Lorsque qu'il est assez intense, il pressurise les énormes masses d'eau, lesquelles ondulent alors sous l'effet de leur propre poids et forment des vagues dites "de gravité". Si le vent est constant, la longueur d'onde (la distance entre deux crêtes successives) et l'amplitude (la hauteur entre la crête et le creux d'une vague) de la houle seront homogènes, un peu à la manière d'une sinusoïde. En revanche, si le vent varie, la houle prendra la forme d'un groupe de vagues de longueur d'onde et d'amplitude différentes. Or, si deux sources de vents hérissent la mer en deux points distincts mais dans des directions convergentes, les deux trains de houle peuvent se rencontrer !

C'est ce qui s'est probablement passé pour la vague du nouvel an. *"De telles mers croisées, en combinant leur énergie, sont souvent à l'origine d'accidents inexpliqués de bateaux"*, souligne Christian Kharif. En se croisant, les deux ondes interfèrent, additionnant leur amplitude pour former localement des vagues encore plus hautes, comme si elles s'empilaient.

Ce mécanisme additif, nommé "interférence constructive", était en fait connu des scientifiques bien avant la reproduction de la vague de Draupner. Nul besoin d'ailleurs de deux sources de vent distinctes. Car dans l'océan, la vitesse de propagation des vagues dépend de leur longueur d'onde : plus elle est importante, plus la vitesse est élevée et vice versa.

VAGUE SCÉLÉRATE : DEUX MÉCANISMES LES EXPLIQUENT

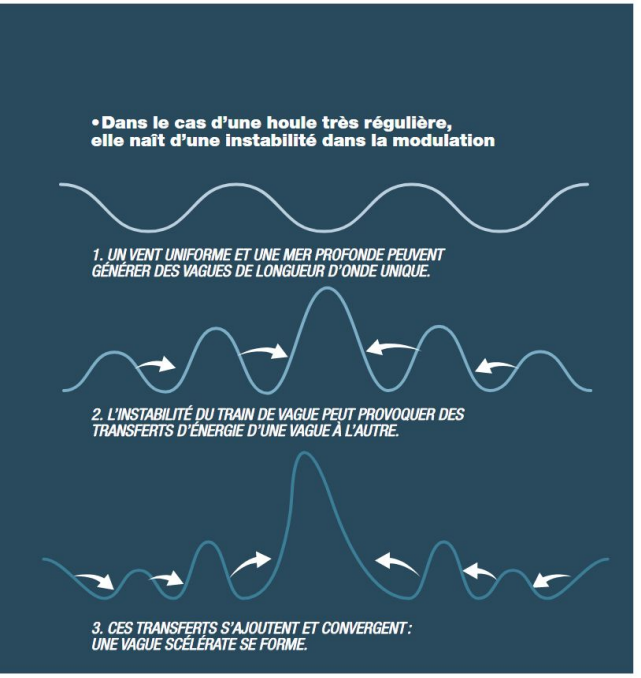
• Dans le cas d'une houle constituée de vagues différentes, elle naît d'une interférence



BRUNO BOURGEOIS - J.CAIRNS

Deux sources de vent étaient présentes simultanément lorsque la vague de Draupner s'est formée ; et la non-linéarité explique qu'elle ait pris de l'amplitude

TON **VAN DEN BREMER**
Chercheur à l'université d'Oxford



"Si bien qu'une petite houle induite par un vent modeste peut se faire rattraper par une houle plus importante si le vent vient à forcir", explique Christian Kharif. L'interférence constructive fut même avancée en premier pour expliquer l'apparition des vagues scélérates. Avant d'être abandonnée, notamment parce qu'elle ne reproduit pas leur forme singulière, ni leur fréquence d'apparition. *"Avec cette hypothèse purement linéaire, il devrait y avoir de 10 à 100 fois moins de vagues scélérates. Or, ce n'est pas ce que nous observons"*, souligne Frédéric Dias.

CHAOS OCÉANIQUE… ET MATHÉMATIQUE

De fait, par simplicité, les vagues sont souvent modélisées par de belles sinusoïdes bien régulières. Mais cette approximation linéaire n'est acceptable que dans des cas très limités et peu réalistes à l'échelle des océans… en particulier dans le cas extrême des vagues scélérates. *"Pour les décrire, il faut prendre en compte les effets non-linéaires !"* martèle Nail Akhmediev, de l'université de Sydney. Ces effets non-linéaires se cachent dans les complexes équations d'Euler, qui régissent l'hydrodynamique : ils creusent davantage les vagues, exagèrent leurs crêtes, les rendent moins symétriques et, surtout, dépendantes les unes des autres, couplant étroitement leur énergie et leur dynamique. Mais ils rendent les calculs presque impossibles à résoudre (lire encadré, page suivante)… Voilà pourquoi il a fallu attendre l'arrivée d'ordinateurs suffisamment puissants pour commencer à y voir un peu plus clair dans ce chaos océanique.

Mais aujourd'hui, c'est chose faite ! Les physiciens sont parvenus à décrypter la manière dont certaines de ces composantes non-linéaires boostent l'interférence constructive… jusqu'à expliquer la vague de Draupner. *"Les vagues scélérates surgissent de ces non-linéarités"*, atteste Nail Akhmediev. *"Nous avons démontré par simulations que l'interférence constructive couplée à des effets non-linéaires engendrait la plupart des vagues scélérates, aussi bien dans des eaux profondes que peu profondes"*, renchérit Frédéric Dias. Dans ce cas, une partie de l'énergie d'un train de vagues se retrouve concentrée dans une "infra-vague" sous-jacente à la houle, contribuant à élever localement la surface de la mer (voir infographie). Ce sont ces infra-vagues qui ajoutent un supplément d'âme à l'interférence constructive et dressent de véritables murs d'eau. *"Nous avions démontré au préalable l'existence de ce mécanisme et nous pensons qu'il explique le gain en amplitude de la vague de Draupner"*, gage Ton van den Bremer.

Mystère résolu ? Pas tout à fait… Car les chercheurs ont découvert un autre mécanisme qui explique lui aussi le surgissement de vagues scélérates. Une vieille piste, là encore, qui remonte à 1967, mais qui a été étudiée et confirmée par les travaux théoriques couplés à des essais en bassin menés par Amin Chabchoub et Nail Akhmediev : l'instabilité modulationnelle. Ce phénomène s'apparente au mascaret, cette vague solitaire qui remonte parfois sur plusieurs kilomètres l'embouchure d'un fleuve suite à une forte marée. En pleine mer, l'instabilité d'un champ de vagues peut engendrer une vague solitaire, un "soliton de Peregrine", dans la direction de la houle, ou même parfois →

de travers, et qui, à la différence d'un mascaret, grossit au fil du temps jusqu'à atteindre une taille maximum avant de s'évanouir: une vague scélérate (voir infographie).

Et voilà que les mystérieuses vagues scélérates, après avoir défié pendant un demi-siècle la raison scientifique, se retrouvent avec deux explications théoriques concurrentes! L'une serait alors vraie et l'autre fausse? En fait, *"les deux théories sont complémentaires,* répond Amin Chabchoub, *elles sont chacune valables dans un contexte bien particulier"*.

Les équations d'Euler, cet autre monstre

Comment modéliser l'écoulement d'un fluide? Le Suisse Leonhard Euler a répondu à cette question dès 1755, par un système d'équations qui décrivent la variation dans le temps du champ de vitesse d'écoulement, comme si on suivait une particule imaginaire prise dans les flots. Sauf que 260 ans après, ces équations aux dérivées partielles résistent toujours aux scientifiques… et aux calculateurs. *"Le résultat ultime serait de démasquer tous les phénomènes extrêmes que peuvent cacher ces équations"*, rêve le physicien Amin Chabchoub. Leur extension à des fluides visqueux constitue même l'un des sept défis du millénaire lancé par l'Institut de mathématiques Clay, en 2000; à la clé: un prix de 1 million de dollars!

Par exemple, le second mécanisme, l'instabilité modulationnelle, ne peut grossir les flots de manière exponentielle que dans un cas très particulier: un champ de houle unidirectionnel et composé d'une seule longueur d'onde, au front très large, se déplaçant à la surface d'eaux profondes. *"Dans les conditions réelles de mer que nous observons, ce cas de figure est exceptionnel"*, constate Frédéric Dias. Ainsi, la vague de Killard, mesurée à plus de 23 m en janvier 2014 à l'ouest des côtes irlandaises, avec seulement 39 m de fond, n'est sûrement pas le fruit de l'instabilité modulationnelle.

Tout est donc affaire de pondération entre les deux théories: les vagues scélérates naîtraient, pour la plupart, d'interférences constructives augmentées d'effets non-linéaires, et parfois, dans les eaux profondes, d'instabilité modulationnelle. Voilà. Les chercheurs peuvent désormais fonder la science des vagues scélérates non pas sur un, mais deux piliers théoriques.

UN RADAR POUR LES DÉTECTER

"Il nous manque toutefois encore des données en mer afin de pouvoir mieux estimer la part respective de chacun de ces processus", précise Amin Chabchoub. Or, à ce jour, à peine quelques dizaines de vagues scélérates ont été mesurées correctement. Un regret partagé par Christian Kharif: *"La question désormais est de disposer de suffisamment de données afin de pouvoir entraîner des modèles prédictifs."*

Pour le moment, seule l'instabilité modulationnelle est utilisée pour estimer le risque d'apparition d'une vague scélérate – sous la forme d'un index qualifiant le degré de non-linéarité d'un champ de vagues: plus il est élevé, plus le risque est considéré comme important. Sur ce principe, l'équipe de Themistoklis Sapsis, au MIT, est en train de développer un système d'alarme en sondant à l'aide d'un radar l'état de la mer jusqu'à 100 m alentour: *"Le système fonctionne bien dans un champ de vagues unidirectionnel et nous espérons pouvoir le déployer sur des bateaux"*, précise-t-il. Mais, pour Christian Kharif, *"beaucoup de chemin reste encore à parcourir avant que les marins puissent disposer à bord d'outils de prédiction intégrant toute la complexité du problème"*.

D'autant que les deux modèles théoriques n'intègrent pas encore les effets parfois amplificateurs du vent et des courants sur de telles vagues: *"Cela complique encore plus l'équation"*, atteste Christian Kharif. Souhaitons toutefois aux équipages et passagers que des premières alarmes voient rapidement le jour. Une étude récente menée à l'université de Southampton vient en effet d'établir que les vagues scélérates de la côte ouest des États-Unis étaient encore plus extrêmes qu'il y a vingt ans!

Les plus effrayants des monstres océaniques sont peut-être à venir…

À consulter : les publications scientifiques qui ont nourri cet article. À voir : l'estampe du peintre japonais Hokusai, dont Frédéric Dias a décrit la ressemblance avec une vague scélérate.

* EN SAVOIR PLUS
science-et-vie.com

Bon à savoir

Sommaire

112 C'est maintenant

Comment se protéger des pics de pollution en ville ?

114 En pratique

Jouer à Pokémon a modifié le cerveau des joueurs durablement

Les femmes brillent en maths s'il fait chaud

Les trajets d'école ne remplacent pas le sport

118 Technofolies

Un haut-parleur pour apprendre à parler chinois

Le robot-tondeuse vraiment tout-terrain

122 À voir / à lire / à faire

Notre sélection pour célébrer les 50 ans des premiers pas sur la Lune

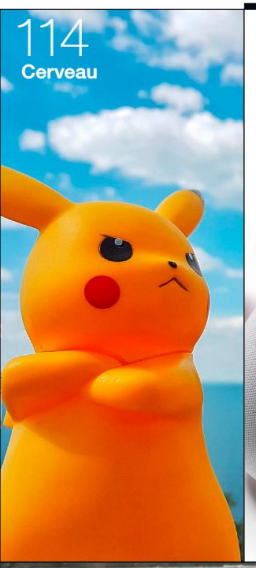
124 Questions/Réponses

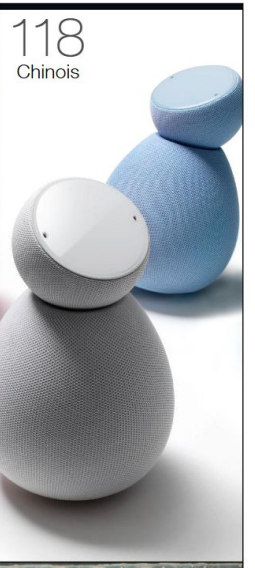
Les singes ont-ils des empreintes digitales uniques ?

A-t-on déjà vu des planètes hors de la Voie lactée ?

Combien d'espèces disparaissent par an ?

130 Bulle de science





H.DE GUELTZL/PHOTONONSTOP - SHUTTERSTOCK - DR - THE LIFE PICTURE COLLECTION/GETTY IMAGES - NC POLICE DPT - A.PERINET/DÉCAPAGE

Comment se protéger des pics de pollution en ville ?

Qu'ils soient dus aux particules, au dioxyde d'azote ou au soufre, les pics de pollution de l'air, en ville, se multiplient. Et en ce début d'été, les pics d'ozone sont aussi à craindre en nombre. Le point sur les manières de se prémunir de cette pollution.

PAR **ALEXANDRA PIHEN**

Quels modes de transport privilégier ?

Certainement pas la voiture, car elle oblige à être au cœur du trafic. Or la concentration en dioxyde d'azote sur le périphérique parisien, par exemple, peut être 4 à 5 fois supérieure à ce qu'elle est au centre-ville ; elle est jusqu'à 15 fois pire dans un tunnel embouteillé. On peut cependant réduire son exposition en restant aussi éloigné que possible du véhicule situé devant soi et en mettant la ventilation en circuit fermé en cas de bouchon ou dans un tunnel. Le reste du temps, mieux vaut en revanche aérer, car dans l'habitacle s'ajoutent les polluants émis par les matériaux qui composent le véhicule. Mais, surtout, mieux vaut prendre son vélo : sur un même parcours, les niveaux de polluants auxquels sont exposés les cyclistes sont presque 3 fois moins importants qu'à l'intérieur d'une voiture ! Pour ce qui est du métro, les scientifiques sont sceptiques : si les taux de certains polluants (dioxyde d'azote et ozone notamment) y sont bien plus faibles qu'à l'extérieur, les niveaux de particules – notamment issues des systèmes de freinage des trains – peuvent se révéler 2 à 5 fois plus élevés en périodes de pointe. La marche à pied, parce qu'elle permet de rester éloigné des sources de pollution, est donc la meilleure solution.

H.DE GUELTZL/PHOTONONSTOP - SHUTTERSTOCK

Vaut-il mieux rester chez soi ?

À moins que vous ne possédiez un logement à l'écart de la pollution, mieux vaut se réfugier dans les parcs. En effet, même avec des fenêtres fermées, une partie de la pollution de l'air extérieur pénètre. Et il ne faut pas croire que vivre à un étage élevé protège : les particules fines et ultrafines, qui sont les plus nocives, conservent à peu près la même concentration sur plusieurs dizaines de mètres de hauteur. Surtout, chez soi, s'ajoute la pollution de l'air intérieur émise par les meubles, produits ménagers, etc. Une pollution qui peut être plus nocive encore que la pollution ambiante extérieure ! Et les plantes vendues comme "dépolluantes" n'y changent rien : une étude française a récemment montré qu'elles ne parvenaient pas à assainir l'air d'un logement. Mieux vaut donc toujours aérer, mais aux heures de moindre pollution : en fin de matinée l'hiver (quand la pollution aux particules est la plus faible) ou la nuit en été (quand la pollution à l'ozone retombe), et de préférence côté cour.

Faut-il éviter le sport ?

Plusieurs études l'ont montré : les bénéfices de l'activité sportive sur la santé compensent largement l'inhalation supplémentaire d'air pollué due à l'hyperventilation. En cas de pics de pollution, il est cependant préférable de réserver les activités sportives intenses – provoquant un essoufflement – aux moments de la journée où la pollution est la moins élevée (éviter les heures de pointes lors des pics de particules ; privilégier le soir ou le matin lors des pics d'ozone). Enfin, la pluie étant un efficace "nettoyeur" de l'atmosphère, il peut être intéressant d'aller faire du sport après une averse.

Les masques protègent-ils vraiment ?

"Généralement, on ne sait pas quels types de polluants filtrent les masques vendus dans le commerce, et, honnêtement, les fabricants n'en savent pas davantage", répond Frédéric Thévenet, spécialiste des polluants à l'École nationale supérieure des mines de Douai. En mai 2018, l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement estimait d'ailleurs les données insuffisantes pour attester un bénéfice sanitaire et recommander leur utilisation. Reste qu'en septembre 2018, une étude espagnole sur 9 masques à moins de 50 € a trouvé que le meilleur – un masque doté d'un filtre à charbon actif et de deux autres couches filtrantes – arrêtait 96 % des particules fines (PM2,5) et 61 % des suies diesel (des particules ultrafines). A priori, pas totalement inutile, donc… Notons enfin une condition incontournable d'efficacité : une adaptation parfaite à la forme du visage.

EN CHIFFRES

24 %

C'est la part des internautes français qui accèdent illégalement à des programmes télévisés en direct, d'après une étude de l'Hadopi : 17 % via des sites spécialisés, 14 % via les réseaux sociaux et 5 % via l'achat de boîtiers ou d'applications dédiés. **E.A.**

1 600 000

C'est le nombre de fumeurs en moins, en France, entre 2016 et 2018. Une baisse de 12 % ! Le tabagisme quotidien, lui, a diminué de 4 % pour atteindre 25,4 %, ce qui reste élevé par rapport aux autres pays de même niveau économique. **E.A.**

8 %

C'est le pourcentage de la population française déclarant avoir été la cible de cyberharcèlement sur les réseaux sociaux, d'après un récent sondage Ifop. Chez les 18-24 ans, ce chiffre s'élève à 22 %. 27 % des jeunes y sont aussi l'objet d'insultes ou de comportements grossiers, contre 12 % de la population générale. **C.G.**

Jouer à Pokémon a modifié le cerveau des joueurs durablement

Étude menée à
l'université Stanford, aux États-Unis

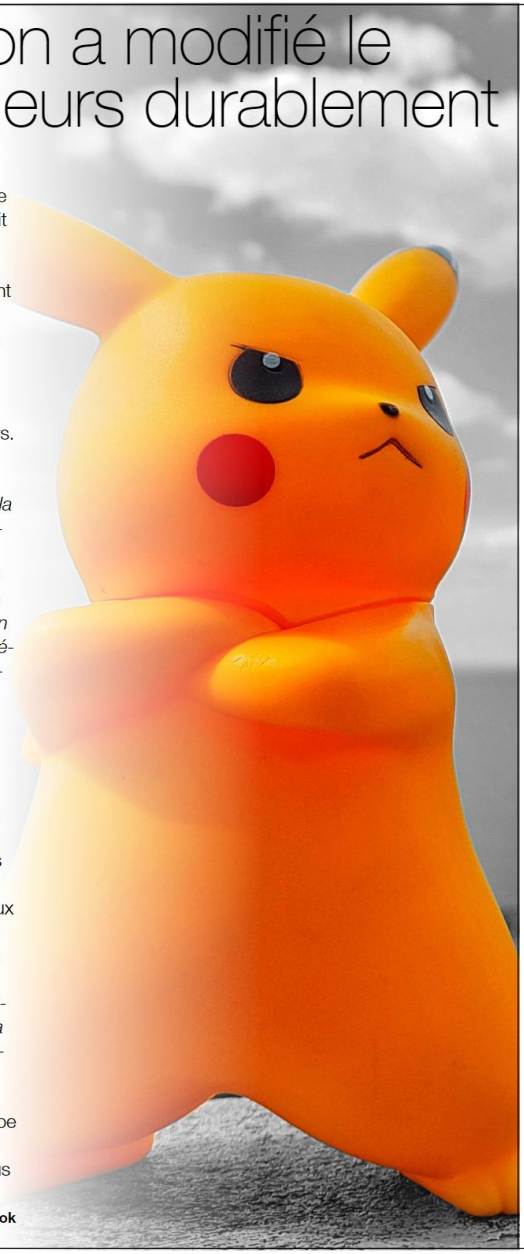
Nombre de cas étudiés
22 participants

Publié dans
Nature Human Behaviours, mai 2019

Si, durant votre enfance, vous avez passé de longues heures à jouer à Pokémon sur votre Game Boy, vous avez probablement dans votre cerveau une zone dédiée à la reconnaissance des centaines de personnages de ce jeu phare des années 1990 et 2000. Lors d'IRM réalisées sur des adultes ayant, ou non, commencé à jouer à Pokémon entre 5 et 8 ans, l'équipe de Jesse Gomez a en effet découvert chez les premiers une zone qui s'active fortement lorsqu'on leur présente des images de Pikachu, Dracaufeu, Salamèche ou Carapuce. *"Nous avons une zone dédiée à la reconnaissance des visages, des mots et des lieux, mais les précédentes études menées sur des adultes experts en voitures ou en oiseaux n'avaient pas montré de zones propres à ces items. C'est donc une surprise!"* souligne Jesse Gomez. Mais une surprise qui s'expliquerait par le fait que les participants sont devenus experts durant leur enfance, à un moment où le cerveau est particulièrement plastique. Autre enseignement de cette étude: le lieu où s'est formée cette zone est identique chez tous les joueurs.

Une "zone Pokémon"

"Notre étude montre que la spécialisation des aires visuelles se fait en fonction de la façon dont se forme l'image sur notre rétine: la zone dédiée aux Pokémon est très proche de celle dédiée aux mots, car les Pokémon, comme les mots, sont petits et sollicitent notre vision centrale; elle est en revanche très éloignée de celle dédiée aux lieux qui, eux, sollicitent la vision périphérique", explique la chercheuse. Des conclusions qui ne s'appliquent pas forcément aux autres jeux vidéo, qui font généralement *"évoluer un nombre restreint de personnages facilement différenciables. Le cerveau n'a donc pas besoin de développer de compétence spécifique"*. Cette "zone Pokémon" ne se développe heureusement pas aux dépens des autres. Et tous les participants à l'étude ont un doctorat! **C.Hancok**



SHUTTERSTOCK - M.BRINSON/GETTY IMAGES

La télévision prive les petits de sommeil

Les enfants de 3 à 5 ans qui regardent la télévision moins d'une heure par jour dorment en moyenne deux heures et demie de plus par semaine que ceux qui sont davantage exposés à l'écran, selon une étude américaine menée sur 470 participants pendant 16 jours. Non seulement la durée de sommeil est nettement plus courte chez les seconds, mais sa qualité est également moindre. Et le fait que ces enfants fassent une sieste plus longue pendant la journée n'y change rien, au final, sur 24 heures. "Sleep Health", avril 2019

Les femmes brillent en maths s'il fait chaud

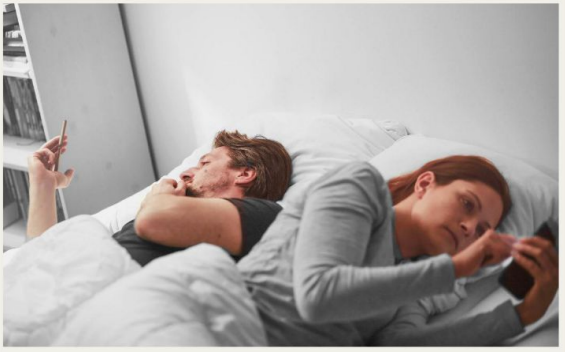
Mesdames, méfiez-vous de la clim! Une étude portant sur 542 participants montre que plus la température est basse (vers 16°C), moins les femmes sont performantes en mathématiques et à l'oral. À l'inverse des hommes. Mais quand il fait plus chaud, les femmes deviennent bien meilleures, voire excellentes autour de 32°C. C'est la première étude indiquant que les femmes tirent bénéfice de la chaleur sur le plan intellectuel. "PLOS One", mai 2019

Compléments alimentaires: gare aux articulations!

Certains compléments alimentaires destinés au confort articulaire comportent de la glucosamine ou de la chondroïtine sulfate, liées à l'élasticité des tissus. Mais elles peuvent aussi provoquer troubles digestifs, hépatites et problèmes cutanés. Demandez l'avis de votre médecin! "Anses", mars 2019

Les trajets d'école ne remplacent pas le sport

Faire de l'exercice physique réduit le risque de surpoids. Jusque-là, rien de nouveau. Sauf qu'une équipe britannique a été plus loin, en distinguant la part des effets de l'exercice physique ou du sport sur la masse grasse et sur la masse maigre (muscles, os, organes…). L'étude menée sur des enfants de 5 à 11 ans montre que si se rendre chaque jour à l'école à pied ou à vélo est bien associé à une moindre masse grasse, l'augmentation de la masse maigre, surtout musculaire, se repère chez les jeunes qui pratiquent un sport. Ces deux types d'activité physique sont donc complémentaires pour développer un corps mince et musclé! "BMC Public Health", mai 2019



Le téléphone nuirait aux câlins

Et si les smartphones étaient en cause dans le déclin des relations sexuelles ? C'est l'hypothèse qu'avancent des chercheurs face aux résultats de trois enquêtes menées en 1991, 2001 et 2012 sur des Britanniques de 16 à 44 ans. Ce qui est clair, c'est que la fréquence des rapports sexuels décline. Leur nombre médian, chez les femmes, est passé de 4 par mois en 1991 et 2001 à 3 en 2012 tandis que la proportion de personnes n'ayant eu aucun rapport le mois précédant l'enquête augmente. La baisse la plus importante est observée chez les plus de 25 ans et chez les personnes vivant en couple. Autre hypothèse proposée : l'effet de la récession économique. "BMJ", mai 2019

Les femmes ont tendance à minimiser le bruit qu'elles font en ronflant

Dans une étude israélienne menée sur près de 2 000 participants, il est apparu que les femmes ronflaient aussi souvent et aussi fort que les hommes. Mais c'est sur l'intensité des bruits émis que les avis divergent. Plus de 36 % des grosses ronfleuses sous-estiment la puissance des sons qu'elles émettent. Alors que les hommes ne sont qu'à peine plus de 11 % à les minimiser. "Journal of Clinical Sleep Medicine", mai 2019

Qui mange un œuf ne risque pas plus un AVC

Dans une étude menée sur 2 000 Finlandais de 42 à 60 ans suivis sur plus de 20 ans, ceux qui mangeaient 1 œuf par jour ne présentaient pas plus de risque d'accident vasculaire cérébral que ceux qui en mangeaient très peu. "The Am. Jour. of Clin. Nutri.", mai 2019

On n'aime pas le café pour son goût !

Vous pensiez aimer le café pour son goût amer ? Détrompez-vous, ce serait pour ses effets psychotropes ! Tel est le résultat d'une étude menée à la Northwestern University (É.-U.) sur 370 000 personnes. Si aucune corrélation n'est prouvée entre les gènes du goût de chacun et la préférence pour l'amer ou le sucré, un lien est en revanche établi entre des gènes exprimés dans l'hypothalamus – région du cerveau qui régule les aspects de récompense et de motivation dans l'alimentation – et la consommation de boissons amères. "Hum. Mol. Gen.", mai 2019

TOMAZL/GETTY IMAGES - SHUTTERSTOCK

SCIENCE & VIE TV MARCHE SUR LA LUNE

À L'OCCASION DU 50e ANNIVERSAIRE DES PREMIERS PAS SUR LA LUNE, SCIENCE & VIE TV PROPOSE UNE PROGRAMMATION EXCEPTIONNELLE

TOUS LES VENDREDIS DÈS 20H40

RETROUVEZ LES **RENDEZ-VOUS DE L'ESPACE**
AVEC AXEL VILLARD
SUIVI D'UN **DOCUMENTAIRE INÉDIT**

SCIENCE&VIE TV

LA CHAÎNE POUR COMPRENDRE

UNE CHAÎNE DU GROUPE MEDIAWAN

DISPONIBLE SUR : CANAL orange free SFR bouygues BIS molotov.tv WATCH IT

www.science-et-vie.tv
@ScienceetvieTV
YouTube

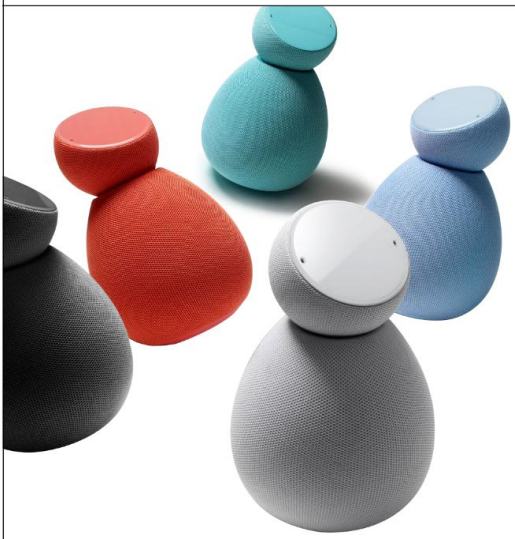
Oldtropp.com

Le robot-tondeuse vraiment tout-terrain

Prix : env. 5 000 €
Rens. : www.husqvarna.com

Le marché des tondeuses-robots compte déjà plusieurs dizaines de références, mais la 435X AWD, dernière-née de la gamme Husqvarna, propose de nombreuses innovations. Elle est composée de deux parties articulées, et présente ainsi une excellente manœuvrabilité. Longue de 93 cm et affichant 17 kg sur la balance, elle offre quatre roues motrices (AWD signifiant *"all-wheel drive"*), ce qui garantit une motricité sans faille. Elle peut ainsi gravir les pentes jusqu'à 35°. Équipée de phares à LED et d'émetteurs-récepteurs à ultrasons, elle est capable d'éviter les obstacles, et son GPS embarqué lui permet d'établir une carte du jardin, de définir les limites de la zone à tondre… et d'être tracée en cas de vol. Elle peut tondre jusqu'à 3 500 m² de pelouse, et sans déranger les voisins grâce à un niveau sonore réduit (62 dB). Enfin, elle offre un écran couleur et une molette pour faciliter sa programmation, qui peut aussi se faire par l'application dédiée ou grâce à une enceinte connectée comme Amazon Alexa ou Google Home. **B.P.**

Cette tondeuse a une autonomie de 100 min, pour un temps de charge de 30 min.



DR

Un haut-parleur pour apprendre à parler chinois

Prix : env. 350 €. Rens. : www.indiegogo.com/projects/lily-the-1st-smart-speaker-that-teaches-chinese#/

Conçue par l'entreprise américaine Maybe, Lily est une petite enceinte de 25 cm de hauteur qui permet de se passer de livre ou d'application pour apprendre le chinois : il vous suffit de parler pour avoir des conversations avec ce haut-parleur qui se contrôle à la voix, traduit en temps réel et qui est capable de s'adapter aux locuteurs de tous les niveaux. Inventée par une équipe de spécialistes de l'apprentissage du chinois et d'ingénieurs en *machine learning* spécialisés dans le traitement de la voix, l'intelligence artificielle embarquée dans Lily comprend et traduit tout ce que vous lui demandez, propose de petits jeux pour apprendre en s'amusant et corrige même votre prononciation ! Ce petit haut-parleur de 1,7 kg peut aussi servir pour écouter de la musique. **B.P.**

Dotée d'une transmission intégrale, elle peut affronter les pentes jusqu'à 35°. Un système de navigation embarqué lui permet de cartographier précisément votre jardin.

Articulée et équipée de capteurs à ultrasons, elle contourne aisément les obstacles.

La paille écolo en pâte de blé

Prix : env. 2 € (le paquet de 60 pailles)
Rens. : www.panzapaille.fr

Par quoi remplacer les pailles en plastique qui seront interdites à partir du 1er janvier 2021 ? Voici la Panza Paille, une paille en pâte de blé ! Inventée par le fabricant français Panzani, elle mesure 25 cm de longueur et tient 1 heure dans une boisson fraîche. Son atout ? Après usage, elle est biodégradable, compostable et même comestible (une fois cuite). Pour le moment, seuls les bars et restaurants peuvent l'acheter pour en faire profiter leurs clients. **L.B.**

Une borne aspirateur de moustiques

Prix : env. 1 000 €
Rens. : www.qista.com

Sus aux moustiques ! Grâce à la BAM Evo 2+, vous allez pouvoir mieux profiter de votre balcon ou de votre jardin. Le fabricant Qista promet 80 % de piqûres en moins en utilisation optimale (15 h/jour programmable selon le type de moustiques et la région). Le principe ? La borne simule, à l'aide d'une cartouche de CO_2 recyclé, la respiration humaine, tandis qu'un leurre olfactif imite la transpiration. L'insecte s'approche, et il est alors aspiré par une cheminée puis stocké dans un filet, où il mourra. **E.T.-A.**

PROTOTYPE

Électrique et sans pédale

Rens. : www.skoda-auto.com/news/news-detail/klement

Un vélo électrique, c'est bien, mais si en plus il avance sans pédaler, c'est encore moins fatigant. C'est ce que propose le constructeur tchèque Skoda avec le prototype Klement. Il suffit d'incliner ses pédales fixes vers l'avant ou l'arrière pour accélérer ou freiner. À l'avant du vélo, un frein à disque hydraulique avec ABS évite de bloquer les roues en cas d'arrêt brutal, tandis que l'énergie de freinage est récupérée par la roue arrière. Grâce à son moteur, ce vélo de 25 kg peut atteindre 45 km/h pour une autonomie de 62 km. Ses deux batteries lithium-ion peuvent être extraites et rechargées directement à la maison, sur une simple prise domestique. Une application smartphone permet de lancer un appel d'urgence ou de faire un diagnostic à distance. **S.F.**

ÉVÉNEMENT

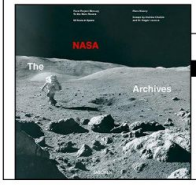
Joyeux anniversaire, Apollo 11 !

Il y a 50 ans, l'Homme posait un premier pied sur la Lune. Expositions, livres, films par dizaines se bousculent pour célébrer l'événement. Nous vous avons déjà parlé de l'excellente biographie de Neil Armstrong et du film qui s'en est inspiré (voir *S&V* n°1213, p. 122), ainsi que de la belle exposition au Grand Palais (voir *S&V* n°1219, p.124). Voici, en prime, les autres incontournables de l'année de la Lune.

PAR **MATHILDE FONTEZ**

Le grand panorama

C'est un livre énorme. Taillé pour les documents photographiques qu'il présente : les archives de la Nasa, brutes, sans filtre. 400 images historiques, dont beaucoup témoignent des missions Apollo, mais pas seulement. La brève incursion de l'Homme sur le sol de la Lune est ici remise dans son contexte cosmique, aux côtés de l'Univers à grande échelle vu par le télescope Hubble, de la terre rouge de Mars, des glaces de la lointaine Pluton… Et accompagnée de textes et de légendes qui, tout discrets qu'ils soient pour laisser la primeur aux images, explorent avec un énorme effort d'exhaustivité toute l'histoire de l'exploration spatiale.



LIVRE

- **Les Archives de la Nasa**
- D'Andrew Chaikin et Roger Launius
- Éd. Taschen, 468 pp., 100 €

Comme si vous y étiez

On ne compte plus les documentaires sur Apollo 11. Mais celui-là (dont *S&V* est partenaire) est sans doute le plus complet, le plus immersif : le réalisateur a eu accès à 11 000 heures de vidéos inédites en 65 mm ! On reconnaît les séquences historiques, le premier pas, le décollage de la Saturn V… mais tout est plus net, plus lumineux, plus vivant. Et entrecoupé d'images des antichambres de l'exploit – les salles de contrôle, les bureaux de la Nasa… – qui donnent un récit en continu, depuis l'arrivée des premières caravanes pour voir le décollage à Cap Canaveral jusqu'au retour des astronautes sur Terre. Le tout mis en scène avec une impeccable sobriété.

FILM

- **Apollo 11**
- De Todd Douglas Miller
- Au cinéma du 4 au 8 septembre

THE LIFE PICTURE COLLECTION/GETTY IMAGES

Neil Armstrong, Michael Collins et Buzz Aldrin.

Apollo 11… et les autres

Et après le premier pas initié par Apollo 11, que s'est-il passé ? On oublie souvent que cinq autres missions se sont succédé, que douze hommes ont marché sur la Lune jusqu'en 1972. Qu'ils y ont roulé en rover, dansé, chanté, foré, ramassé pas moins de 382 kg de roches… Et surtout que ce fut à chaque fois une incroyable aventure vécue par chacun des binômes d'astronautes envoyés à 380 000 km de la Terre. Philippe Henarejos avait raconté ces histoires mille fois dans des conférences. Le journaliste n'avait plus qu'à les coucher sur le papier. C'est chose faite aujourd'hui, avec une belle élégance, une pédagogie parfaite et des photos d'archives soigneusement choisies et légendées.

LIVRE

- **Ils ont marché sur la Lune**
- De Philippe Henarejos
- Éd. Belin, 512 pp., 26 €

Le point de vue de l'écrivain

Il aurait fallu que l'un des astronautes d'Apollo soit écrivain pour retranscrire la frénésie de l'époque, l'éclat de la Lune, l'émotion du premier contact avec le régolithe, l'angoisse du décollage… Mais en fait, il y en avait un : Norman Mailer. Missionné par le magazine *Life* pour suivre l'ensemble de la mission Apollo 11, *"il s'est frayé un chemin jusqu'aux astronautes, il est entré voir les chambres des épouses, s'est immiscé dans le cerveau des as de l'informatique, a écouté les âneries des grands pontes, a bâillé pendant les conférences de presse…"*, comme le raconte si bien Colum McCann dans la préface, pour en sortir un livre monument. Réédité aujourd'hui dans sa version illustrée par une large sélection de photos de la Nasa et des magazines de l'époque (ce qui en fait un somptueux kaléidoscope des années 1960), il plonge dans l'humain autant que dans le céleste, dans l'infiniment grand et dans l'intime, dans l'enchantement et jusque dans l'horreur. Finalement, c'est peut-être le seul de tous les livres consacrés à la mission Apollo 11 qui tente de donner un sens à l'odyssée spatiale.

LIVRE

- **Moonfire - La Prodigieuse Aventure d'Apollo 11**
- De Norman Mailer
- Éd. Taschen, 616 pp., 40 €

À VOUS DE JOUER

PRÊT À DÉBUSQUER DES DRAGONS CHEZ VOUS ?

Avec le réseau des CPIE et la Société herpétologique de France :
https://www.undragon.org/

Saviez-vous que dans vos jardins se cachent une multitude de petits dragons ? Les amphibiens (tritons, salamandres, crapauds, grenouilles…) et les reptiles (lézards, serpents…) sont des animaux fascinants, souvent tapis dans la végétation, parfois camouflés. Si vous croisez l'un d'eux, prenez-le vite en photo et envoyez-la sur le site du programme. Des herpétologues vous dévoileront le nom de l'espèce rencontrée. Grâce à vous, ils pourront localiser ces animaux et orienter des actions de conservation. Car, selon la Liste rouge, une espèce sur cinq risque de disparaître en France ! Et avec un peu d'entraînement, vous pourrez contribuer à leur identification en intégrant le prestigieux cercle des "dragonniers".

Hugo Struna, du Muséum national d'histoire naturelle

ÉVÉNEMENT

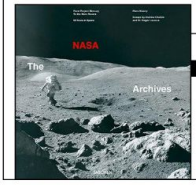
Joyeux anniversaire, Apollo 11 !

Il y a 50 ans, l'Homme posait un premier pied sur la Lune. Expositions, livres, films par dizaines se bousculent pour célébrer l'événement. Nous vous avons déjà parlé de l'excellente biographie de Neil Armstrong et du film qui s'en est inspiré (voir *S&V* n°1213, p. 122), ainsi que de la belle exposition au Grand Palais (voir *S&V* n°1219, p.124). Voici, en prime, les autres incontournables de l'année de la Lune.

PAR **MATHILDE FONTEZ**

Le grand panorama

C'est un livre énorme. Taillé pour les documents photographiques qu'il présente : les archives de la Nasa, brutes, sans filtre. 400 images historiques, dont beaucoup témoignent des missions Apollo, mais pas seulement. La brève incursion de l'Homme sur le sol de la Lune est ici remise dans son contexte cosmique, aux côtés de l'Univers à grande échelle vu par le télescope Hubble, de la terre rouge de Mars, des glaces de la lointaine Pluton… Et accompagnée de textes et de légendes qui, tout discrets qu'ils soient pour laisser la primeur aux images, explorent avec un énorme effort d'exhaustivité toute l'histoire de l'exploration spatiale.



LIVRE

- **Les Archives de la Nasa**
- D'Andrew Chaikin et Roger Launius
- Éd. Taschen, 468 pp., 100 €

Comme si vous y étiez

On ne compte plus les documentaires sur Apollo 11. Mais celui-là (dont *S&V* est partenaire) est sans doute le plus complet, le plus immersif : le réalisateur a eu accès à 11 000 heures de vidéos inédites en 65 mm ! On reconnaît les séquences historiques, le premier pas, le décollage de la Saturn V… mais tout est plus net, plus lumineux, plus vivant. Et entrecoupé d'images des antichambres de l'exploit – les salles de contrôle, les bureaux de la Nasa… – qui donnent un récit en continu, depuis l'arrivée des premières caravanes pour voir le décollage à Cap Canaveral jusqu'au retour des astronautes sur Terre. Le tout mis en scène avec une impeccable sobriété.

FILM

- **Apollo 11**
- De Todd Douglas Miller
- Au cinéma du 4 au 8 septembre

THE LIFE PICTURE COLLECTION/GETTY IMAGES

Neil Armstrong, Michael Collins et Buzz Aldrin.

Apollo 11… et les autres

Et après le premier pas initié par Apollo 11, que s'est-il passé ? On oublie souvent que cinq autres missions se sont succédé, que douze hommes ont marché sur la Lune jusqu'en 1972. Qu'ils y ont roulé en rover, dansé, chanté, foré, ramassé pas moins de 382 kg de roches… Et surtout que ce fut à chaque fois une incroyable aventure vécue par chacun des binômes d'astronautes envoyés à 380 000 km de la Terre. Philippe Henarejos avait raconté ces histoires mille fois dans des conférences. Le journaliste n'avait plus qu'à les coucher sur le papier. C'est chose faite aujourd'hui, avec une belle élégance, une pédagogie parfaite et des photos d'archives soigneusement choisies et légendées.

LIVRE

- **Ils ont marché sur la Lune**
- De Philippe Henarejos
- Éd. Belin, 512 pp., 26 €

Le point de vue de l'écrivain

Il aurait fallu que l'un des astronautes d'Apollo soit écrivain pour retranscrire la frénésie de l'époque, l'éclat de la Lune, l'émotion du premier contact avec le régolithe, l'angoisse du décollage… Mais en fait, il y en avait un : Norman Mailer. Missionné par le magazine *Life* pour suivre l'ensemble de la mission Apollo 11, *"il s'est frayé un chemin jusqu'aux astronautes, il est entré voir les chambres des épouses, s'est immiscé dans le cerveau des as de l'informatique, a écouté les âneries des grands pontes, a bâillé pendant les conférences de presse…"*, comme le raconte si bien Colum McCann dans la préface, pour en sortir un livre monument. Réédité aujourd'hui dans sa version illustrée par une large sélection de photos de la Nasa et des magazines de l'époque (ce qui en fait un somptueux kaléidoscope des années 1960), il plonge dans l'humain autant que dans le céleste, dans l'infiniment grand et dans l'intime, dans l'enchantement et jusque dans l'horreur. Finalement, c'est peut-être le seul de tous les livres consacrés à la mission Apollo 11 qui tente de donner un sens à l'odyssée spatiale.

LIVRE

- **Moonfire - La Prodigieuse Aventure d'Apollo 11**
- De Norman Mailer
- Éd. Taschen, 616 pp., 40 €

À VOUS DE JOUER

PRÊT À DÉBUSQUER DES DRAGONS CHEZ VOUS ?

Avec le réseau des CPIE et la Société herpétologique de France :
https://www.undragon.org/

Saviez-vous que dans vos jardins se cachent une multitude de petits dragons ? Les amphibiens (tritons, salamandres, crapauds, grenouilles…) et les reptiles (lézards, serpents…) sont des animaux fascinants, souvent tapis dans la végétation, parfois camouflés. Si vous croisez l'un d'eux, prenez-le vite en photo et envoyez-la sur le site du programme. Des herpétologues vous dévoileront le nom de l'espèce rencontrée. Grâce à vous, ils pourront localiser ces animaux et orienter des actions de conservation. Car, selon la Liste rouge, une espèce sur cinq risque de disparaître en France ! Et avec un peu d'entraînement, vous pourrez contribuer à leur identification en intégrant le prestigieux cercle des "dragonniers".

Hugo Struna, du Muséum national d'histoire naturelle

CRÉDIT & ASSURANCE

VOUS CHERCHEZ LE MEILLEUR TAUX ?

300 agences pour vous accompagner

meilleurtaux.com

1 000 experts en agences à distance

Un crédit vous engage et doit être remboursé. Vérifiez vos capacités de remboursement avant de vous engager.

Aucun versement, de quelque nature que ce soit, ne peut être exigé d'un particulier avant l'obtention d'un ou plusieurs prêts d'argent. Pour tout prêt immobilier, l'emprunteur dispose d'un délai de réflexion de 10 jours ; l'achat est subordonné à l'obtention du prêt, s'il n'est pas obtenu, le vendeur doit lui rembourser les sommes versées. Meilleurtaux, 36 rue de Saint-Pétersbourg 75008 Paris, société par actions simplifiée au capital de 1 000 000 €, RCS Paris n°424 264 281. Courtier, Mandataire non-exclusif et Mandataire d'intermédiaire en Opérations de Banque et Services de Paiement - Intermédiaire en assurance - ORIAS n° 07 022 955 (www.orias.fr). Sous le contrôle de l'ACPR, 4 place de Budapest 75436 Paris Cedex 09 (www.acpr.banque-france.fr).
Listes des agences franchisées – commerçants indépendants – et des partenaires consultables sur meilleurtaux.com.

Comment les organes s'organisent-ils ?

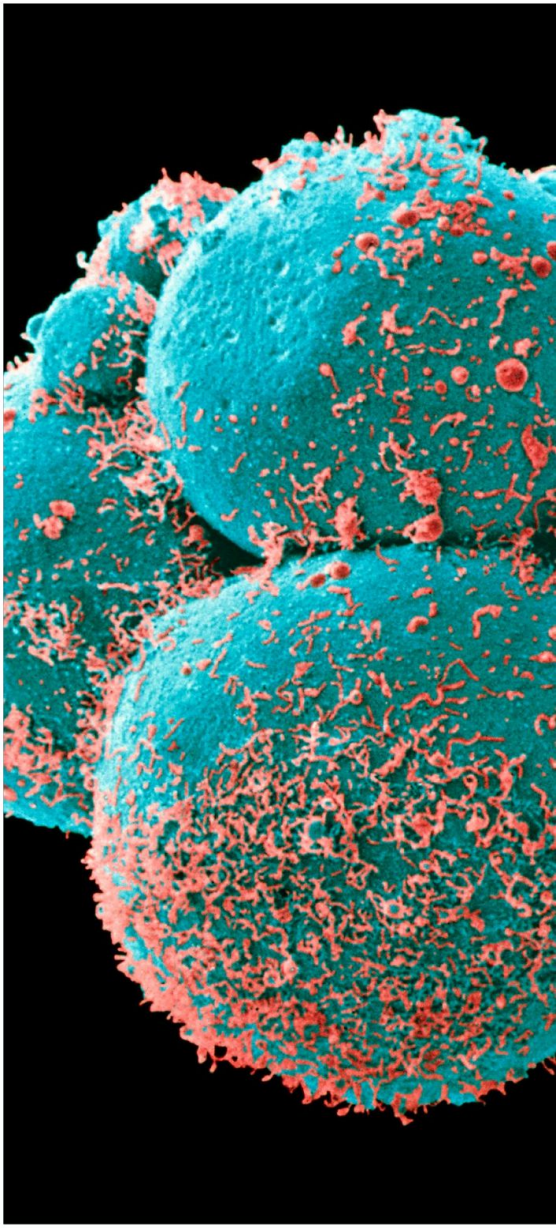
Question de Cécile Chauveau, Limeil-Brévannes (94)

Le schéma d'organisation de tous les animaux – des huîtres aux moustiques, en passant par l'homme – est principalement déterminé par l'action des gènes dits "homéotiques". Ce sont eux qui commandent la place des organes les uns par rapport aux autres, et selon les axes antéro-postérieur (devant-derrière) et dorso-ventral (dessus-dessous) et qui, au final, *"font que notre tête est toujours à la place de notre tête, et nos bras à la place de nos bras !"* s'amuse Charlotte Corporeau, biologiste au Laboratoire de physiologie des invertébrés (Ifremer), à Brest.

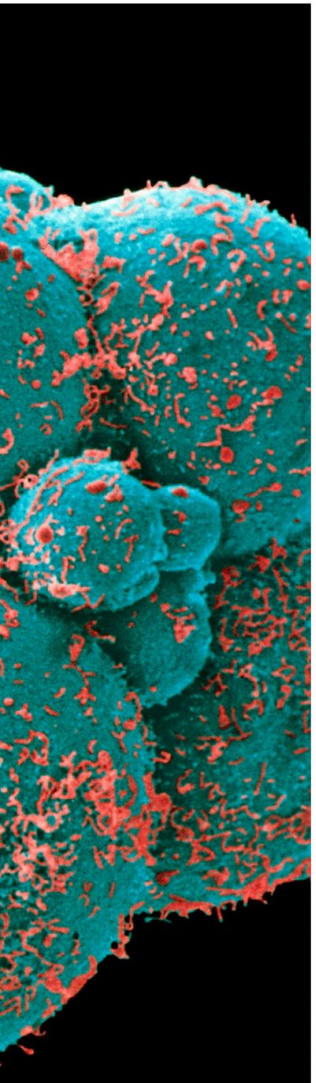
Ces gènes homéotiques sont actifs très tôt lors du développement embryonnaire, dès la formation de la première cellule issue de la fécondation : la cellule-œuf. *"Par exemple, chez les amphibiens, la cellule-œuf est déjà organisée avec un haut, un bas, un avant et un arrière,* précise la chercheuse. Les protéines, les réserves nutritives et le matériel génétique nécessaires à la production des membres s'accumulent en bas de l'œuf, formant le "pôle végétatif", et les éléments nécessaires à la fabrication du cerveau, par exemple, s'accumulent en haut, dans le "pôle animal".

LE RÔLE DE LA GRAVITÉ

Mais en fait, ces gènes ne commanderaient pas totalement l'organisation du corps dans l'espace. Les spécialistes commencent en effet à s'apercevoir que la gravitation pourrait jouer un rôle. Des tests réalisés dans la Station spatiale internationale (ISS), en orbite autour de la Terre, l'ont montré au début des années 2000. Comme les fécondations *in vitro* des œufs d'amphibiens en apesanteur réalisées par la spationaute Claudie Haigneré en 2001 : les animaux obtenus présentaient des développements anarchiques. D'où l'hypothèse que la gravité renseigne la cellule-œuf pour qu'elle s'organise. Reste à confirmer l'hypothèse et à élucider les mécanismes par lesquels les cellules "sentent" la gravité. **K.B.**

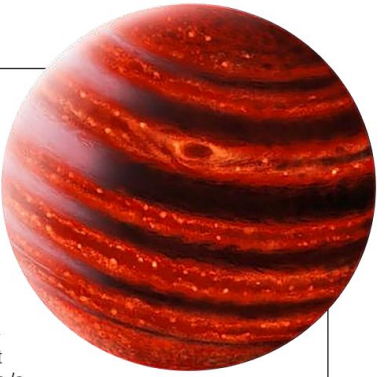


DR YORGOS NIKAS/SPL/PHANIE - D.FUTSELAAR/F. MARCHIS/SETI INSTITUTE - B.BOURGEOIS



< **Dès le stade de la cellule-œuf, les gènes homéotiques "configurent" le futur animal.**

A-t-on déjà vu des planètes hors de la Voie lactée ?



Martine Amoussou, La Varenne Saint-Hilaire (94)

"Non, ça n'a jamais été fait, déplore Jean-Philippe Beaulieu, directeur de recherche à l'Institut d'astrophysique de Paris. *Les détections sérieuses vont jusqu'à 23 000 années-lumière, ce qui nous permet d'observer des planètes vers le centre de la Voie lactée ; au-delà, ce ne sont que des statistiques."*

La galaxie la plus proche de la nôtre, Andromède, se situe 100 fois plus loin, à 2,5 millions d'années-lumière du Soleil. À cette distance, les méthodes de détection classiques deviennent inefficaces. *"Seule la technique des microlentilles gravitationnelles peut nous permettre de faire de telles observations."* Cette méthode, qui impose beaucoup de contraintes, consiste à détecter une planète en observant le changement d'intensité qu'elle produit sur la lumière d'une étoile en arrière-plan. Selon l'astrophysicien, avec cette méthode et les télescopes actuels, on serait capable de détecter des exoplanètes extragalactiques… *"Si on le voulait vraiment. La distance rend les données récoltées très incertaines. Aucun chercheur ne veut consacrer un temps d'observation précieux à détecter une planète qu'il ne pourra pas caractériser."*

Ces exoplanètes sont en effet trop lointaines pour que l'on puisse espérer étudier leur composition ou leur température de surface… **L.-P.G.**

Pourquoi certaines personnes sont-elles plus photogéniques ?

Question de Darius et Ulysse Jonathan, Bonnieux (84)

Parce qu'elles sont jugées plus belles ! Les études sur le sujet montrent qu'il n'y a pas de différence de perception selon que l'on parte d'une photo ou de la réalité. La photogénie dépend donc surtout des traits du visage : en Occident, une mâchoire carrée pour les hommes, de grands yeux et des pommettes saillantes pour les femmes… Bref, les critères classiques définis par notre culture. À noter que la plupart d'entre nous trouve ses propres photos peu flatteuses comparées à celles des autres ; parce que, inconsciemment, nous mémoriserions une image de nous-mêmes plus attrayante que la réalité. **K.B.**

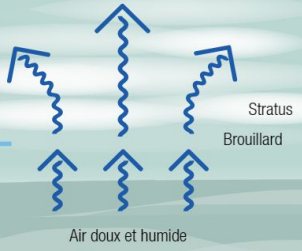
C'est vrai qu'il y a plus de nuages le soir ?

Question d'Olivier Dube, Québec (Canada)

"Il n'existe aucune corrélation statistique entre l'heure et la présence de nuages", affirme Sébastien Laflorencie, de l'École nationale de la météorologie à Toulouse. C'est le défilé des perturbations qui dicte la présence de nuages. Et il n'est pas ponctué par le cycle jour/nuit. Sauf dans deux cas particuliers : les froides matinées d'hiver et les fins de journées d'été. **N.P.**

En fait, en hiver, ils se forment plutôt le matin

Lorsqu'une masse d'air doux et humide provenant de l'Atlantique passe au-dessus de sols refroidis par la baisse de température, la nuit, elle se condense, formant des nuages particuliers : brouillard et stratus.



Combien d'espèces disparaissent par an ?

Question de Bastien Longeon, Montigny-le-Bretonneux (78)

Impossible à dire, car on ne connaît pas toutes les espèces vivant sur Terre. Prenons les animaux. La science en a décrit moins de 2 millions et il en existerait 8 à 20 millions, voire plus, selon les estimations ; 80 à 90 % des espèces passeraient donc sous le radar. *"Nous avons une profonde méconnaissance de la biodiversité sur Terre"*, constate Florian Kirchner, chargé du programme Espèces au Comité français de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), qui tient l'inventaire mondial le plus complet du risque d'extinction du vivant.

Avec le Museum national d'histoire naturelle, l'UICN a constitué une "liste rouge" qui recense à ce jour 872 espèces éteintes au cours des 500 dernières années, comme la pipistrelle de l'île Christmas, en Australie (une petite chauve-souris), ou la violette de Cry, en France. *"Ce classement repose sur l'accord collégial d'un groupe d'experts, après que toutes les recherches nécessaires ont été menées, avec des techniques de détection adéquates et aux bonnes saisons, dans toutes les zones où l'espèce était connue"*, précise Florian Kirchner, insistant sur la difficulté de ces évaluations.

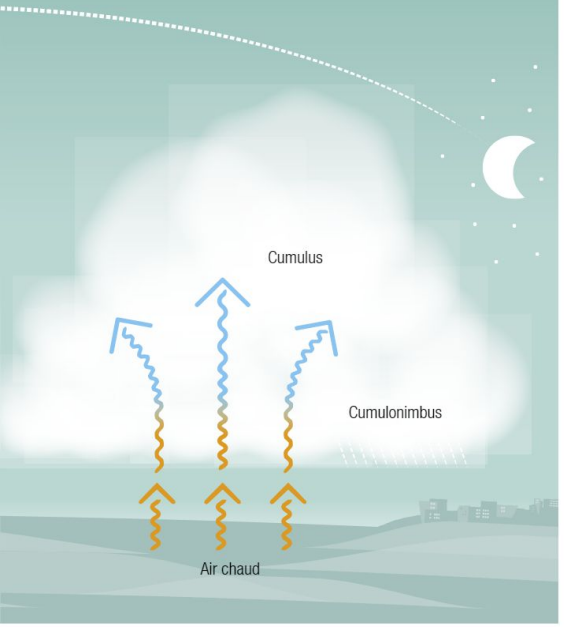
PANEL NON-REPRÉSENTATIF

Mais ce chiffre est une nette sous-estimation. D'abord parce que seules 0,5 % à 1 % des espèces sont suivies, ensuite parce que ce panel ne représente pas l'ensemble du vivant sur Terre. Les insectes, par exemple, y sont en sous-nombre, comme l'en-

ANTOINE DAGAN - SPL/COSMOS

En été, ils s'accumulent au cours de l'après-midi

Les sols chauffés par le soleil réchauffent l'air, qui s'élève et se refroidit, formant des cumulus (qui peuvent évoluer en cumulonimbus et générer des averses). Au fil de l'après-midi, les nuages s'accumulent avant de disparaître dans la soirée, quand le soleil a décliné.



semble des invertébrés, qui composent pourtant la majorité de la biodiversité. Or toutes les classes ne disparaissent pas au même rythme. Selon une récente étude australienne, le taux d'extinction des insectes serait 8 fois plus rapide que celui des vertébrés (lire aussi p. 96).

Impossible, donc, de s'appuyer sur le nombre d'espèces éteintes pour connaître l'état de la biodiversité. Les scientifiques calculent plutôt des vitesses d'extinction dans des groupes évalués en totalité par l'UICN, comme les mammifères ou les oiseaux, ou grâce à des méthodes de comptage sur plusieurs années, avant de les comparer à celles des crises d'extinction passées, lues dans les couches géologiques.

Résultat : aujourd'hui, les espèces s'éteignent aussi vite que lors de la crise qui a vu disparaître les dinosaures, il y a 66 millions d'années. Un rythme 100 à 1 000 fois plus rapide que la normale. **N.P.**

Pourquoi manger du piment met le feu dans la bouche ?

Question d'Antoine Veny, Saint-Jean-de-la-Ruelle (45)

Tout simplement parce que le piment active exactement les mêmes récepteurs qu'un café trop chaud ! Ces récepteurs prennent la forme de petits canaux appelés TRPV1 (transient receptor potential vanilloid type 1). Ils se situent à l'extrémité de petites fibres nerveuses spécialisées dans la douleur, appelées "nocicepteurs", présentes partout dans le corps et donc sur la langue, dans la bouche ou le tube digestif. *"Les TRPV1 sont sensibles à différents stimuli, notamment une chaleur supérieure à 43°C, le seuil à partir duquel la température ressentie devient douloureuse, mais aussi des molécules de la famille des vanilloïdes, comme la capsaïcine contenue dans le piment, ou les gingérols du gingembre"*, précise Aurore Danigo, ingénieur de recherche et spécialiste de la douleur à la faculté de médecine et de pharmacie de Limoges.

Une fois activé, le canal s'ouvre et laisse pénétrer du calcium dans la fibre nerveuse. Laquelle se dépolarise, ce qui génère un message nerveux véhiculé jusqu'au cerveau, où se forme la sensation de douleur liée à la chaleur.

Petit conseil pour s'en débarrasser : la capsaïcine étant hydrophobe, mieux vaut boire du lait que de l'eau. **N.P.**

Les papilles gustatives sont sensibles aux vanilloïdes des épices comme à la chaleur.

⋀ Chaque singe capucin du Costa Rica a des empreintes spécifiques.

NC POLICE DEPARTMENT

Les singes ont-ils des empreintes digitales uniques ?

Question des détenus-rédacteurs de l'hebdo *Hector* du Centre pénitentiaire de Villeneuve-lès-Maguelone (34)

"Oui, tous les singes que j'ai étudiés possèdent des empreintes digitales uniques, qui sont semblables à celles des êtres humains", confirme Ken Glander, professeur d'anthropologie évolutive de l'université Duke (États-Unis), qui a collectionné les empreintes digitales de plusieurs espèces. *"J'ai des empreintes digitales de nombreux singes capucins du Costa Rica, prélevées sur le terrain, mais aussi de lémuriens du Duke Lemur Center…"*

Et il n'y a pas que les singes, même les koalas en ont ! Les empreintes digitales sont donc apparues par morphogénèse chez des groupes de mammifères aussi éloignés que les primates et les marsupiaux.

Reste à savoir comment ce trait a été sélectionné par l'évolution. Il n'y a pas encore de réel consensus sur la question, même si certains spécialistes suggèrent que les empreintes fournissent l'avantage d'une friction supplémentaire pour l'escalade. **L.G.**

Pourquoi un glaçon ne fait-il pas déborder le verre en fondant ?

Question de Bernard Bouillier, Touques (14)

Parce que le volume occupé par la partie immergée du glaçon est exactement égal au volume de l'eau liquide produite après la fonte du glaçon !

"Le niveau de l'eau reste exactement le même", souligne Damien Laage, spécialiste de l'eau à l'École normale supérieure de Paris. Cela est lié à la poussée d'Archimède, cette force subie par tout corps plongé dans un liquide qui permet au glaçon de flotter à la surface de l'eau.

"La poussée d'Archimède est égale, en valeur absolue, au poids du glaçon, développe le chercheur. *De sorte que quand le glaçon est dans sa position d'équilibre, le volume occupé par sa partie immergée correspond au volume d'eau liquide nécessaire pour égaler le poids total du glaçon."*

Résultat : après la fonte du glaçon, le volume d'eau liquide produit correspond exactement au volume qui était rempli par la partie immergée du glaçon. CQFD. **K.B.**

GAGNEZ UN ABONNEMENT D'UN AN À

SCIENCE&VIE

Cette rubrique est la vôtre, écrivez-nous !

Nous ne pourrons répondre à tous, mais les auteurs des questions sélectionnées se verront offrir un abonnement d'un an à *Science & Vie* (pour eux-mêmes ou une personne de leur choix).

Envoyez vos questions, en indiquant clairement votre adresse postale, à : sev.qr@mondadori.fr ou bien par courrier à :

SCIENCE & VIE QUESTIONS/RÉPONSES
8, rue François-Ory
92543 MONTROUGE CEDEX

Abonnez-vous à SCIENCE&VIE

1 numéro par mois

6 hors-série par an

Photos non contractuelles. Image : istockphotos.com

L'accès au site en illimité et à 10 ans d'archives

La version numérique offerte !

4,90€ par mois au lieu de ~~9,36€~~* **-47%** de réduction

SANS ENGAGEMENT

- **1 numéro** par mois
- + **6 hors-série** par an
- + **l'accès au site web et à l'appli en illimité**
- + **l'accès à 10 ans d'archives**
- + **la version numérique**
- + **EN CADEAU : le DVD** ***"La fin des astronautes ?"***

Est-il encore indispensable d'envoyer des hommes dans l'espace ? Dans notre seule galaxie, mille milliards de planètes s'offrent à eux. Mais a-t-on vraiment besoin d'eux ?

> 52 minutes environ.
> Format d'image : 16/9.
> Langue : Français.
> Sous-titres : aucun.
> Son : stéréo.
Prix public : 9,90€

BULLETIN D'ABONNEMENT à retourner sous enveloppe affranchie à : Service abonnements Science&Vie - CS 90125 - 27091 Evreux Cedex 9

KIOSQUE mag *Découvrez toutes nos offres sur* **KiosqueMag.com**

SV1222

1 Je choisis mon offre d'abonnement et mon mode de paiement :

LA MEILLEURE OFFRE **-47%**

☐ **L'offre liberté avec hors-série :**
Science&Vie chaque mois + 6 hors-série par an + l'accès au site + **EN CADEAU : le DVD** pour 4,90€ par mois au lieu de ~~9,36€~~*.
Résiliable à tout moment sans frais. Tarif garanti 1 an, après il sera de 5,55€ par mois. [1035617]

☐ **L'offre liberté sans hors-série :**
Science&Vie chaque mois + l'accès au site + **EN CADEAU : le DVD** pour 3,50€ par mois au lieu de ~~6,40€~~*. **-45%**
Résiliable à tout moment sans frais. Tarif garanti 1 an, après il sera de 4,15€ par mois. [1035625]

☐ **La formule intégrale :**
1 an – 12 n° + 6 hors-série + l'accès au site + **EN CADEAU : le DVD** pour 66,90€ au lieu de ~~112,30€~~*.[1035633] **-40%**

Je complète l'IBAN et le BIC à l'aide de mon RIB et je n'oublie pas de **joindre mon RIB**.

IBAN :

BIC : 8 ou 11 caractères selon votre banque

Vous autorisez Mondadori Magazines France, société éditrice de Science&Vie à envoyer des instructions à votre banque pour débiter votre compte, et votre banque à débiter votre compte conformément aux instructions de Mondadori Magazines France. Créancier : Mondadori Magazines France 8, rue François Ory - 92543 Montrouge Cedex 09 France
Identifiant du créancier : FR 05 ZZZ 489479

☐ **Par chèque bancaire** à l'ordre de Science&Vie

☐ **Par CB :**

Expire fin : / Cryptogramme :

2 J'indique les coordonnées du bénéficiaire de l'abonnement :

Nom : Prénom :

Adresse :

CP : Ville :

Tél.: Mobile :

Email :

Indispensables pour gérer mon abonnement et accéder aux services numériques.

☐ J'accepte d'être informé(e) des offres des partenaires de Science&Vie (groupe Mondadori).
☐ J'accepte de recevoir des offres de nos partenaires (hors groupe Mondadori).

Dater et signer obligatoirement :

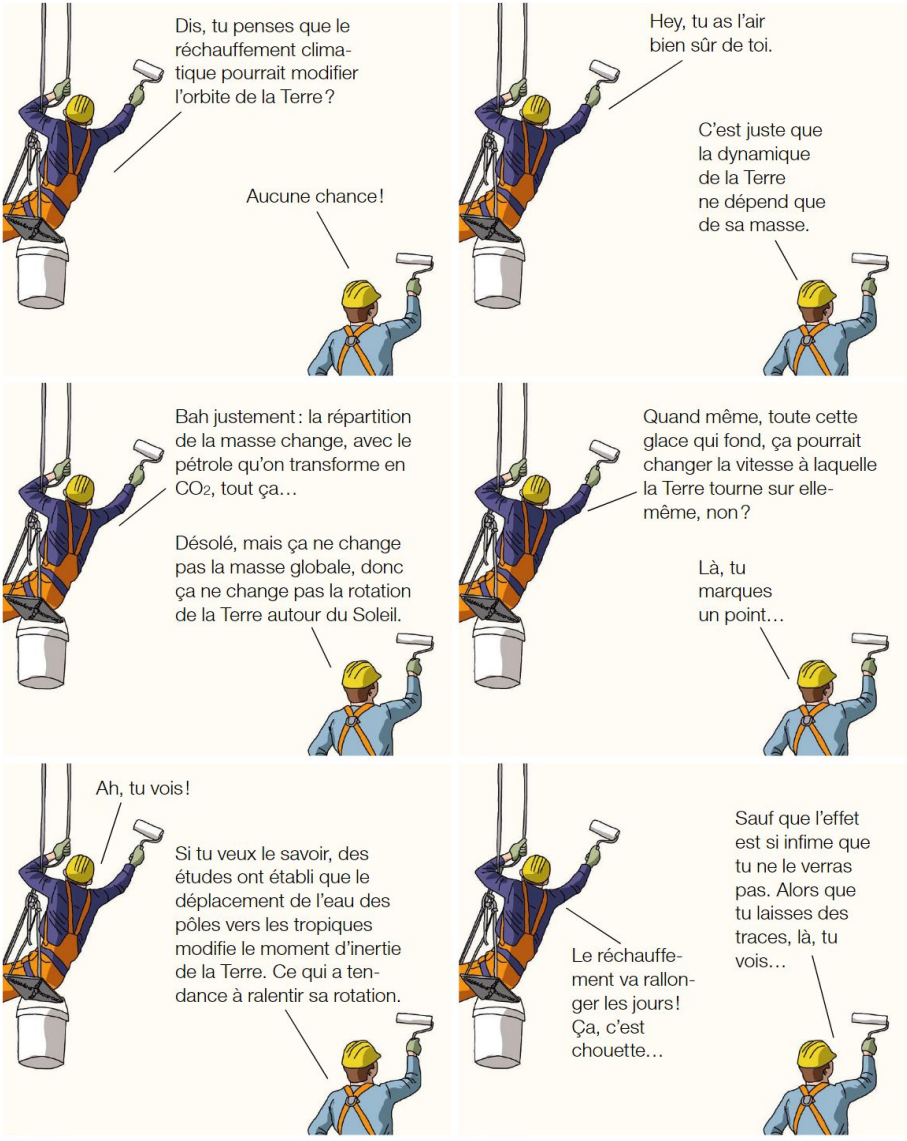
À :

Date : / /

Signature :

*Prix de vente en kiosque. Offre valable en France métropolitaine jusqu'au 31/08/2019. Vous pouvez acquérir séparément Science&Vie au prix de 4,50€, ses Hors-Série au prix de 5,90€ et les éditions spéciales au prix de 5,95€ frais de port non inclus ou vous abonner au site web pour 1,90€ par mois. Votre abonnement et votre DVD vous seront adressés dans un délai de 4 semaines après réception de votre règlement. En cas de rupture de stock du DVD, un produit d'une valeur similaire sera proposé. Vous disposez d'un droit de rétractation de 14 jours à compter de la réception du magazine et du DVD en notifiant clairement votre décision à notre service abonnements ou via le formulaire de rétractation accessible dans nos CGV sur le site www.kiosquemag.com. Les informations recueillies à partir de ce formulaire font l'objet d'un traitement informatique destiné à Mondadori Magazines France pour la gestion de son fichier clients par le service abonnements. Conformément à la loi « informatique et libertés » du 6 janvier 1978 modifiée, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux informations qui vous concernent en écrivant à l'adresse d'envoi du bulletin.

D'après une question de **Michel Joncheray, Nantes (44)**



PAR GABRIEL SIMÉON ET CORALIE HANCOK - ILLUSTRATION ALBAN PÉRINET/DÉCAPAGE

REMERCIEMENTS : GILLES RAMSTEIN ET FRANÇOIS-MARIE BRÉON (LSCE, UNIVERSITÉ DE VERSAILLES SAINT-QUENTIN), ALESSANDRO MORBIDELLI (CNRS/UNIVERSITÉ NICE SOPHIA ANTIPOLIS)

Couvent des Visitandines

LE CHARDONNAY
de Bourgogne

LE COUVENT DES VISITANDINES
À BEAUNE, DEPUIS 1796

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. À CONSOMMER AVEC MODÉRATION.

KBB SAS au capital de 39 000 000 euros - RCS Dijon 343 484 879 - Mai 2019 - Création Sic Design Graphic - Crédit photo. © Studio Gilles de Beauchêne © Istock

ELLE N'EST PAS

VIEILLE

ELLE A DE L'EXPÉRIENCE*

De la création de la première canette
à l'invention de la capsule dévissable,
Kronenbourg a toujours su faire évoluer
son savoir-faire pour mieux se réinventer.

Kronenbourg
BIÈRE D'ALSACE

*Kronenbourg est une bière des Brasseries Kronenbourg, issue de 350 ans d'expérience et de savoir-faire.
L'abus d'alcool est dangereux pour la santé. À consommer avec modération.